
Jahrbücher für
wissenschaftliche Botanik
N. Pringsheim, W. Pfeffer, E. Strasburger

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

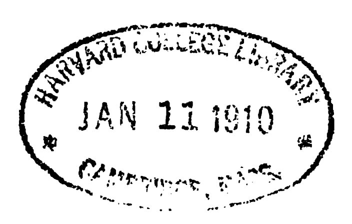
Dritter Band.

Mit 29 zum Theil colorirten Tafeln.

Berlin, 1863.

Verlag von August Hirschwald.

Unter den Linden 68.


HARVARD COLLEGE LIBRARY
JAN 11 1910

Inhalt.

Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhalts-Verzeichniss.

Verzeichniss der Tafeln.

Taf. I—III. Zur Morphologie von Trichia und Arcyria.

I. 1—11. Tr. furcata; 12—13. Tr. pyriformis; 14—15. Tr. fallax.

II. 1—3. Tr. clavata; 4. Tr. obtura; 5. Tr. nigripes; 6. Tr. turbinata; 7—10. Tr. varia; 11. Tr. abietina; 12. Tr. rubiformis; 13—17. Tr. chrysosperma.

III. 1—5. Tr. chrysosperma; 5*. Tr. serpula; 6—7. A. punicea; 8—9. A. incarnata; 10—12. A. cinerea; 13—15. A. nutans; 16. A. ochroleuca; 17. A. ramulosa; 18. A. serpula.

IV. Zur Untersuchung über die Farben der Blüthen (S. 75).

Taf. V—VII. Zur Untersuchung über die Deorganisation der Pflanzenzelle.

V. Schnitte durch 1) Blättertraganth; 2) syrischen Traganth; 3) Gummi Kutera; 4) Gummi Bassora; 5—18. Holz und Rinde von Prunus avium.

VI. 1—13. Prunus avium. Schnitte durch Rindenstücke und Gummidruse.

VII. 1—3. Prunus avium Durchschnitte; 4—5. Structur des Gummi's im Fruchtfleisch von Prunus insititia; 6. Parenchymzellen von Opuntia mit 2 Gummizellen; 7—8. Schnitte durch die das Senegalgummi liefernde Rinde; 9. Durchschnitt durch ein Stück Bdellium; 10—12. aus der Stammrinde von Hedera Helix mit Uebergängen in die Harzmassen; 13—18. Entstehung des Copals.

VIII. Zur Entwickelungsgeschichte des Stengels beblätterter Muscineen (S. 262 und 276). 1. Climacium dendroides; 2—3. Catharinea undulata; 4. Calypogeia Trichomanes; 5. Frullania dilatata; 6—8. Plagiochila asplenioides; 9. Madotheca platyphylla; 10—11. Jungermannia bicuspidata; 12. Radula complanata; 13. Sphagnum cymafolium.

Taf. IX—XIII. Vorkeime und nacktfüssige Zweige der Charen.

IX. Chara fragilis. 1—4. Keimlinge; 5—7. Zweigvorkeime.

X. Chara fragilis 1. Axillarknospe; 2—4. nacktfüssige Zweige und Zweigvorkeime; 5—6. Terminalknospen; 7. Wurzelknoten eines Zweigvorkeimes schief von unten gesehen.

XI. Chara fragilis. 1—12. Verschiedene Jugendzustände; 12. Schematischer Grundriss der Stelle am Knospengrunde; 13—14. ältere Zustände der Zweigvorkeime.

XII. 1—8. Entwickelungszustände der Zweigvorkeime von Chara fragilis.

XIII. Chara fragilis. 1—3. Nacktfüssige Zweige mit freien Rindensegmenten; 4—5. Terminal- und Axillarknospen; 6. Knospe, die zum nacktfüssigen Zweige wird, am Wurzelknoten eines Zweigvorkeimes entspringend; 7—10. Verschiedene Zustände der Wurzelgelenke.

Taf. XIV. und XV. Zellstofffäden im Embryosack und bei Caulerpa (S. 339 u. 350).

XIV. 1—8. Pedicularis sylvatica. 1—4. Durchschnitt durch die Samenknospe; 5. Querschnitt durch die Samenknospe; 6. reifer Same; 7—8. freigelegter Embryosack.

XV. 9. Stück des Embryosacks von Pedicularis sylvatica; 10—11. Querschnitte durch Caulerpa prolifera; 12. zwei Zellstofffäden der Caulerpa im Querschnitt; 13. zwei Zellen aus dem Sameneiweiss von Zea Mais nach Behandlung mit Salzsäure.

XVI. 1—13. Secretions-Organe im Wurzelstock von Nephrodium Filix mas (S. 351).

Taf. XVII—XXI. Plasmodien und Entwickelungszustände der Myxomyceten und Amoeben.

XVII. 1. Licea pannorum Wallr. Peridien; 2—6. Physarum album Fr. Sporen, keimend; 7—9. Didymium leucopus Fr. Sporen, keimend; 10—11. Licea pann. keimende Sporen; 12—16. Didym. Serpula Fr. Plasmodien und Zellenzustände; 17. Didym. Serpula Frucht; 18—20. Amoebenschwärmer; 21. Amoebe aus dem Schwärmer Fig. 18. entstanden.

XVIII. 1—11. Didymium leucop. Zelle, Myxoamoeben, Plasmodien.

XIX. 1—4. Licea pann. Plasmodien; 5—6. unbekanntes Fadenplasmodium; 7—17. Schwärmer der Monas amyli, frei, actinophrysartige Körper bildend und Stärkekörner aufnehmend.

XX. 1—18. Didymium leucopus Keimung; 19—35. Physarum album Keimung; 36—41. Amoeben bei längerer Cultur auftretend; 42—59. Licea pannorum Keimung und Microcysten.

XXI. 1—11. Licea pannorum. Cysten, Cystenbildung, Plasmodienbildung aus den Cysten und Zellenzustand; 12—16. Didymium leucopus, Zellen, Zellenhaufen, Zellenbildung aus dem Plasmodium; 17. Amoeba limax Duj.; 18—20. Cysten dieser Amoebe.

Taf. XXII. und XXIII. Pilze in abgestorbenen Pflanzenzellen (S. 481).

XXII. 1—10. Dracaena Draco.

XXIII. 11—12. Solanum tuberosum; 13—14. Beta vulgaris; 15—16. Hernandia sonora; 17—19. Caryota urens; 20. Anona laevigata.

Taf. XXIV—XXIX. Zur Morphologie von Salvinia natans.

XXIV. Vegetationskegel genau nach der Natur; 1, 4 und 6. mit Weglassung des Inhalts; 6. von oben gesehen.

XXV. 1—6. Vegetationskegel schematisch, verschiedene Seiten und Querschnitte; 7. Vegetationskegel nach der Natur; 8—11. schematische Durchschnitte und Ansichten des Proembryo; 12. aufbrechende Microspore; 13—16. Microsporenschläuche.

XXVI. 1—9. Archegonien in verschiedenen Zuständen; 10. vollständiges Microsporangium mit hervortretenden Schläuchen; 11—13. Microsporenschläuche; 14. Spiralfadenzelle getödtet; 15. Inhalt eines Microsporangiums.

XXVII. 1—4. Macrosporen in Entwickelung mit hervorgetretenem Proembryo, aber noch vor dem Hervorbrechen der Keimpflanze; 5—9. Junge Keimpflanzen noch in Verbindung mit der Macrospore; 7. im Durchschnitt, die anderen unverletzt.

XXVIII. 5. u. 9. Aus dem Proembryo herauspräparirte Embryonen; die übrigen Figuren Durchschnitte durch den Embryo noch innerhalb des Proembryo.

XXIX. 1. Durchschnitt durch einen noch jungen Embryo im Proembryo; 2. Durchschnitt durch Macrospore, Proembryo und Embryo zur Zeit des Durchbruchs des Embryo durch das Gewebe des Proembryo. 3—4. Archegonien, verschiedene Zustände von oben gesehen.

Zur Morphologie und Systematik der Gattungen Trichia und Arcyria.

Von

A. Wigand.

Die Hauptergebnisse der nachstehenden, bereits vor mehreren Jahren angestellten Beobachtungen wurden bei Gelegenheit der Versammlung deutscher Naturforscher zu Carlsruhe im Herbst 1858 *) vorgelegt; die Veröffentlichung der speciellen Darstellung unterblieb seither, weil ich hoffte, durch Vervollständigung des Materials in den Stand gesetzt zu werden, die beiden Gattungen systematisch vollständig zu bearbeiten. Obgleich mir dies bis jetzt nicht nach Wunsch gelungen ist, glaube ich doch mit der Mittheilung meiner Beobachtungen nicht länger anstehen zu sollen. Ohnehin hat die ganze Abtheilung der Myxomyceten ein höheres Interesse bekommen durch die umfassende und eindringende Untersuchung de Bary's, welche namentlich über die Entwickelungs-Geschichte dieser Organismen ein überraschendes Licht verbreitet. In Beziehung auf die Fructifications-Verhältnisse von Trichia und Arcyria, worauf sich meine Beobachtungen beschränken, werden meine Ansichten in der zuletzt erschienenen Arbeit von de Bary fast vollständig bestätigt. Dagegen kann ich dem Versuch desselben, die Myxomyceten als dem Thierreich zugehörig nachzuweisen und demgemäss unter der neuen Bezeichnung „Mycetozoen“ in die

---

*) Amtlicher Bericht, p. 119.

zoologische Literatur einzuführen*), nicht beipflichten und werde diese meine Ansicht, wonach ich mit den genannten Gattungen wiederum vor dem botanischen Publikum erscheine, am Schluss der folgenden Mittheilungen zu begründen suchen.

A. Der Bau der Sporenfrucht.

1. Das Peridium.

Der Fruchtkörper entspringt aus einem dünnen häutigen, structurlosen, dem Substrat dicht und fest anliegenden Unterlager (hypothallus), welches unregelmässig begrenzt und bei manchen Arten verschwindend, oder alsdann, wie es scheint, im Gewebe des Substrates verborgen ist. Nach de Bary ist es der Ueberrest der das vegetative Stadium bildenden, ursprünglich schleimigen und eigenthümliche Bewegungen zeigenden Sarcodestränge.

In Beziehung auf die Gestalt des Fruchtkörpers kommen sowohl bei Arcyria als bei Trichia (ebenso wie bei andern Myxogasteres, z. B. Physarum, Didymium, Licea) zwei verschiedene Haupttypen vor: 1) der Fruchtkörper bestimmt begrenzt und von regelmässiger Gestalt, bei der überwiegenden Mehrzahl der Arten; 2) der Fruchtkörper von unbestimmter unregelmässiger Gestalt, länglich, wurmförmig, unregelmässig gebogen, zum Theil netzförmig verzweigt, stets auf dem Boden aufliegend (forma mesenterica), z. B. Trichia serpula, Arcyria serpula. In diesem Falle scheint überhaupt kein Unterlager vorhanden zu sein, vielmehr der Sarcodestrang selbst, durch Umbildung seines Inhaltes, den Fruchtkörper darzustellen.

Der erstgenannte Typus zeigt folgende für die einzelnen Species mehr oder weniger characteristische Verschiedenheiten: kugelig (z. B. Tr. varia, chrysosperma), verkehrt-eiförmig (z. B. Tr. turbinata, die meisten Arcyriae), kreissel- oder birnförmig (z. B. Tr. pyriformis), keulenförmig (Tr. rubiformis, Tr. abietina). Oben ist das Peridium in der Regel abgerundet, oder kegelförmig zugespitzt (z. B. Tr. craterioides Corda), oder mit einem aufgesetzten Spitzchen (z. B. Tr. furcata). Entweder ist das Peridium ganz ungestielt (Tr. turbinata, chrysosperma, varia), oder mit deut-

*) Versammlung deutscher Naturforscher in Carlsruhe 1858 (amtlicher Bericht p. 119.), — Bot. Zeit. 1858 No. 49. 51., — Siebold und Kölliker, Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, Band X.

lichem Stiel, welcher bald scharf abgesetzt ist, bald sich allmählich in den Fruchtkörper erweitert (z. B. Tr. rubiformis, pyriformis, fallax, clavata, Lorinseriana Corda, letztere sehr lang gestielt, sowie bei fast allen Arcyria-Arten).

Die Fruchtkörper stehen bald einzeln und zerstreut (Tr. furcata), bald heerdenweise gruppirt (Tr. pyriformis, fallax, clavata, nigripes), bald zu kleinen Haufen zusammengedrängt (Tr. turbinata, varia), bald mehrere mit einander verbunden, entweder bündelartig aus einer gemeinschaftlichen Basis (Tr. rubiformis, pyriformis) oder bei fehlendem Stiel in dem gemeinschaftlichen Hypothallus eingenistet, welcher alsdann beim Aufspringen und Verschwinden der oberen freien Theile der Peridien durch die dicht gedrängten unteren Theile der offenen Peridien ein wabenartiges Ansehen erhält (Tr. chrysosperma). Der letztgenannte Fall bildet gleichsam eine Uebergangsform zwischen dem ersten und zweiten Typus, indem die unteren Hälften der Peridienhöhle durch halbkugelige Vertiefungen des Sarcodelagers gebildet werden. Die Peridien sind hier so dicht zusammengedrängt, dass die untere vom Lager gebildete Hälfte der Wand den benachbarten Peridien gemeinschaftlich und einfach ist.

Das Peridium bildet eine einfache Höhle, welche sich durch den Stiel bis in dessen (z. B. bei Tr. furcata, Tab. I. 1., 4., 6.) fussartig erweitertes, zuweilen durch unregelmässige Aussackungen verzweigtes oder kugelig abgerundetes (T. chrysosperma) Ende fortsetzt und überall, auch in dem untern Ende, durch eine Wand geschlossen ist. Diese Aussackungen ragen auf der untern Seite des Hypothallus hervor (Tab. I. 2.).

Die Wand ist vollkommen homogen, d. h. nicht aus Zellen zusammengesetzt, und wenn dieselbe zuweilen, z. B. bei Tr. fallax a, in ihrem oberen Theil eine deutliche zellige Zeichnung besitzt, welche selbst durch Behandlung mit Kali oder Säuren nicht verschwindet, so ist diess, weil die Membran sowohl bei andern Exemplaren derselben Art, als auch in dem Stiel an demselben Exemplar vollkommen homogen erscheint, wahrscheinlich durch den Abdruck der Sporenmasse auf der inneren Fläche zu erklären.

Die Wand ist bei manchen Arten, z. B. Tr. turbinata, abietina, chrysosperma, dünn und ungeschichtet, bei anderen dagegen verdickt und derb; dies nimmt meistens nach unten hin, besonders in der Stielwandung, bedeutend zu, und alsdann zeigt sich z. B. bei Tr. furcata ein im Stiel unmittelbar, in der Kapselwand durch

Behandlung mit Schwefelsäure deutlicher Schichtenbau. Zuweilen lösen sich die Schichten so von einander ab, dass sie einander wie verschiedene weite gefaltete Häute einhüllen (z. B. Tr. fallax, clavata, furcata, Tab. I. 2.). Diese Falten laufen entweder der Länge nach parallel mit der Axe oder in schiefer Richtung, also spiralig (und zwar an einem Exemplar von Tr. furcata — Tab. I. 4. — rechtswendig). Nach oben verlaufen diese Schichten in die einfache glatte Membran der Kapsel, oder sie reissen unterhalb der letzteren ab und bilden alsdann eine lockere cylindrische, oben offene Hülle um den Stiel herum, Tab. I. 6. Wir haben demnach hier einen Fall einer sich nach aussen häutenden Zellenwand, und es ist möglich, dass auch die Membran der Kapsel schichtenartig wächst und nur deshalb einfach und verhältnissmässig dünn bleibt, weil sie die äusseren Schichten successive in dem Maass, wie nach innen neue Schichten auftreten, abwirft. Nach unten geht die äussere Schicht des Stiels continuirlich in das häutige Lager über, während die inneren Schichten das geschlossene untere Ende der Peridien- oder Stielhöhle als Wand bekleiden.

Bei jugendlichen Peridien ist die Membran farblos, nur die innerste, die Höhle des Stiels und des Fusses unmittelbar bekleidende Schicht erscheint braun. Mit der Reife nimmt die ganze Wand eine gelbe, braune oder schwärzliche Farbe an. Durch Jod wurde an einem Exemplar von Tr. furcata mit weisser Kapsel die äussere Schicht blassgelb, die innere rothbraun gefärbt. Der Einwirkung von Schwefelsäure widersteht die Membran in der Regel im hohen Grade, doch beobachtete ich auch Fälle, wo die äussere Schicht des Stiels bedeutend aufquoll. Auch die blaue Färbung durch Jod und Schwefelsäure erfolgt sehr schwierig, in gewissen Fällen jedoch und zwar in der innern, und in geringem Grade auch in der äusseren Schicht der Kapselwand bestimmt und unzweifelhaft. Auch in der Wand von Tr. pyriformis glaube ich diese Reaction erkannt zu haben. Hiernach müssen wir die Substanz der Peridienwand für Zellstoff halten, welcher jedoch eine Veränderung, ähnlich wie bei der Cuticularisirung, erleidet, und auch wahrscheinlich von Anfang an wie bei den Pilzen überhaupt eine chemisch etwas abweichende Beschaffenheit zeigt.

Es ist hiernach kein Zweifel, dass die Sporenfrucht bei Trichia und Arcyria und, da de Bary ein gleiches Verhalten auch bei andern verwandten Gattungen nachweist, bei allen Myxomyceten eine einzige rings umschlossene vegetabilische Zelle ist.

Zuweilen beobachtete ich unmittelbar neben dem Fuss der Sporenfrucht, doch von demselben deutlich getrennt, eine unregelmässig gestaltete Zelle, oder andere Male in dem Hypothallus zerstreute zahlreiche kugelige Zellen von $\frac{1}{150}'''$ Grösse. Dieselben haben eine braune Wand und einen körnigen Inhalt und ich halte sie für unausgebildete, fehlgeschlagene Sporenfrüchte.

Hieraus sowie aus andern Gründen ist es mir wahrscheinlich, dass die Peridiumzelle von Anfang an nicht frei an der Oberfläche des Unterlagers (d. h. der Sarcodestränge), sondern innerhalb desselben entspringt und daher ursprünglich von der stickstoffhaltigen Membran des letzteren umkleidet ist.

Die Art des Oeffnens der Peridien wird bestimmt durch die Dicke und Festigkeit der Wand. Bei denjenigen Arten, wo die letztere durchaus dünn ist, verschwindet dieselbe sehr bald fast spurlos und der Inhalt liegt frei (Tr. serpula, Tr. abietina etc.); bei anderen, wo die Wand nur gegen die Spitze dünn ist, findet hier das Aufspringen Statt, und der obere Theil der Kapsel wird zerstört, während der untere mit dem Stiel stehen bleibt (Tr. rubiformis, pyriformis etc.). Ferner geschieht das Aufspringen entweder unregelmässig oder ringsum scharf abgeschnitten, d. h. deckelartig; letzteres ist namentlich bei Arcyria und bei manchen Trichia-Arten der Fall.

2. Der Inhalt des Peridiums.

Die Höhle des Peridiums wird vorzugsweise durch das Haargeflecht (capillitium) und die Sporen ausgefüllt.

Diese beiden Bestandtheile sind, wie man besonders an Längsoder Querschnitten sieht, so angeordnet, dass in der Kapsel das Capillitium vorzugsweise den mittlern Theil der Höhle, die Sporenmasse vorzugsweise den Raum zwischen diesen und der Wand einnimmt. Doch liegen die Sporen zum Theil auch in den Zwischenräumen des Capillitiums zerstreut. Mit dieser Anordnung hängt zusammen, dass die Fäden des letzteren bei Trichia immer, bei Arcyria wenigstens zum grössern Theil und namentlich im oberen Theil mit ihren Enden frei in der Höhle liegen, d. h. nicht wie bei anderen Gattungen an der Wand fest sitzen. Die unteren Fäden des Capillitiums erstrecken sich zum Theil in das Gewebe des Stiels hinein.

Die Höhle des Stiels bis in die Aussackungen des Fusses

wird ausgefüllt von rundlichen Zellen, welche zuweilen ein dichtes zusammenhängendes Gewebe bilden, in anderen Fällen aber ziemlich lose nebeneinander liegen, jedoch nicht wie die Sporen ausgestreut werden. Ausserdem unterscheiden sie sich von den letzteren meist durch einen grösseren Durchmesser, durch eine glatte Oberfläche und eine farblose und dickere, zuweilen bis fast zum Verschwinden der Höhle verdickte Membran (z. B. A. cinerea a), gehen jedoch nach oben allmählich in die Beschaffenheit der Sporen über.

Die bisher allgemein, namentlich bei Fries, Corda, Schnizlein, Bonorden, herrschende Ansicht, dass die Sporen an den Fäden des Capillitiums entspringen, ist für die grosse Menge der Sporen entschieden nicht richtig. Wie schon aus der oben angeführten Anordnung der überwiegenden Mehrzahl der Sporen in dem Zwischenraum zwischen dem Capillitium und der Wand hervorgeht, entstehen dieselben ohne Zweifel frei in der Höhle der Kapsel aus Kernen. Gleichwohl möchte ich diesen Satz nicht so ganz allgemein wie de Bary aussprechen. So wenig das mitunter zu beobachtende Anhängen von Sporen an Capillitiumfäden ein Beweis für die Entstehung der ersteren durch seitliche Abschnürung von den letzteren ist, so wenig beweist der Umstand, dass in der Regel die Sporen frei liegen, das Gegentheil. Nach einigen wenigen Beobachtungen, z. B. an Arcyria serpula, wo ich kugelige Sporen theils an freien Enden des Capillitiums, theils seitlich an denselben vermittelst eines kurzen Stielchens festsitzen fand, sowie nach den unten zu erwähnenden Beobachtungen abnormer Bildungen bei Trichia ist es mir wahrscheinlich, dass einzelne Sporen allerdings ihren Ursprung in einer Abscheidung oder Abzweigung vom Capillitium haben. Wenn dies so ist, so sind die auf diese Weise entstandenen Sporen morphologisch als verschieden von der überwiegenden Mehrzahl der frei auftretenden zu betrachten.

Die Sporen zeigen bei Trichia folgende Verschiedenheiten. Der Gestalt nach sind sie in den meisten Fällen kugelig oder unregelmässig rundlich, seltener länglich (T. rubiformis, turbinata), bei manchen Arten (T. fallax e, clavata a, chrysosperma f, k, varia d) werden die ursprünglich runden Sporen durch eine Längsfalte länglich, selbst spindelförmig (Tab. II. 1.; III. 1., 5.). Wirklich polyedrische Sporen habe ich nur bei drei Formen von T. chrysosperma a, d, e (Tab. II. 13., 16., 17.) gefunden. Ausserdem kommt

in Folge gegenseitigen Druckes der gehäuften Sporen wohl hier und da (z. B. T. varia c, II. 9.) eine Andeutung von polyedrischer Gestalt vor, alsdann aber immer neben ganz runden Sporen. Zur Unterscheidung der Speciës, geschweige zur Aufstellung von Tribus, ist dieses Verhältniss nicht geeignet, und die Bezeichnung „Goniospora“ für die Tribus II. der Gattung Trichia bei Fries halte ich für vollkommen unbegründet. — Die Dicke der Sporen ist für jede Species ziemlich constant, durchschnittlich $\frac{1}{200}$''', nicht über $\frac{1}{150}$''' und nicht unter $\frac{1}{256}$'''. Die Membran der Spore ist oft dünn (z. B. T. clavata a, obtusa etc.), meist aber derb (T. pyriformis, fallax, clavata b, c, furcata, chrysosperma etc.), bei T. varia (T. II. 7., 10.) findet sich innerhalb der eigentlichen Sporenhaut eine secundäre Verdickungsschicht von farbloser homogener Beschaffenheit, welche meist auf einer Seite stärker ist, und bei einer Form dieser Species ist die ganze Höhle der Spore mit einer solchen Substanz ausgefüllt. Die Oberfläche der Sporen ist entweder glatt und eben (z. B. T. fallax a, b, clavata a, c, obtusa, nigripes, turbinata, varia, chrysosperma d, etc.), bald uneben durch kleinere oder grössere Warzen oder feine Stacheln (T. fallax c, clavata b, furcata, abietina, chrysosperma a, b, c, f, h, i, serpula). — Die Farbe der Sporen ist bei den meisten Arten sowie die des Capillitiums blassgelb oder okerfarbig, seltener, namentlich bei T. chrysosperma, goldgelb, braun bei T. pyriformis, roth bei T. rubiformis. Endlich scheint das Vorkommen oder Fehlen eines centralen Kerns für gewisse Species charakteristisch zu sein.

Bei Arcyria sind die Sporen durchweg mehr oder weniger regelmässig kugelig, nicht längsfaltig, aber zuweilen (A. punicea) eingedrückt und dadurch napfförmig. Die Wand ist scheinbar stark verdickt, d. h. mit einer dicken homogenen, nach innen oft nicht scharf begrenzten Schicht bekleidet (ähnlich wie auch bei T. varia), oder die ganze Höhle ist mit einer solchen Substanz ausgefüllt. Diese Substanz scheint eine gallertartige Beschaffenheit zu haben und wird durch Jod braun, weshalb sie vielleicht für Sarcode zu halten ist. Die Oberfläche ist fast allgemein glatt und die Farbe blass, bei A. punicea röthlich und durchdringt hier die ganze Sporenmasse. Von allen übrigen Arten sind die Sporen von A. serpula durch ihre gelbe Farbe, zierlich facettirte Oberfläche, reine Kugelform und durch ihre grösseren Durchmesser ausgezeichnet (Tab. III. 18 d.). Bei den übrigen Arten ist die Grösse geringer als bei Trichia, nämlich $\frac{1}{330}$''', und zwar fast constant, ob-

gleich bei einzelnen Arten, namentlich A. punicea b, die Sporen eines und desselben Peridiums sehr, zwischen $\frac{1}{500}'''$ und $\frac{1}{100}'''$, differiren.

Durch Jod und Schwefelsäure färbt sich die Sporenwand z. B. bei T. pyriformis und minder deutlich bei A. nutans blau. De Bary hat diese Zellstoffreaction auch für andere Arten nachgewiesen.

Das Capillitium zeigt zwei wesentlich verschiedene Haupt-Formen, welche für die beiden Gattungen Trichia und Arcyria charakteristisch sind. Bei Trichia nämlich besteht dasselbe aus zahlreichen, besonderen, fadenförmigen Zellen, welche meist einfach oder nur wenig verzweigt und alsdann durch ihre freien zugespitzten Enden als selbständige Gebilde erscheinen. Bei Arcyria dagegen ist das Capillitium nicht nur sehr verzweigt, sondern die Verzweigungen anastomosiren unter einander und bilden so ein zusammenhängendes Netz mit weiteren oder engeren Maschen, welches, da man in der Regel nirgend eine Scheidewand wahrnimmt, wie eine einzige weit verzweigte Zelle erscheint (doch hält es de Bary nach gewissen von ihm beobachteten abnormen Bildungen für wahrscheinlich, dass das Netz durch Verbindung zahlreicher ursprünglich freier Fadenzellen entstanden sei; — wogegen ich im Capillitium von Arcyria punicea Uebergänge der gewöhnlichen Form zu fast glatten, nach Art gewöhnlicher Myceliumfäden verzweigten durch Querwände gegliederten Fäden beobachtet habe). Das Netz liegt frei in der Höhle des Peridiums, nur bei A. punicea und cinerea sind die unteren Zweigenden der Peridienwand angewachsen. Mit diesem verschiedenen Bau des Capillitiums bei beiden Gattungen hängt denn auch unmittelbar die äussere Erscheinung zusammen, dass nach dem Oeffnen des Peridiums bei Trichia die Fäden mit den Sporen vermischt ausgestreut werden und sich entweder zerstreuen oder eine unbestimmt begrenzte Masse bilden, — bei Arcyria dagegen das Netz seinen Zusammenhang und die dem Peridium entsprechende Gestalt mehr oder weniger beibehält, indem es vermöge seiner Elasticität nur seinen Umfang erweitert. Doch kommt diess auch bei Trichien mit sehr langen verschlungenen Capillitiumfäden, z. B. T. rubiformis, vor.

Die weiteren Verschiedenheiten in Beziehung auf Grösse und Gestalt der Fäden bei Trichia sind folgende.

Bei der Mehrzahl der Arten sind die Fäden durchweg einfach. Nur bei T. furcata und zum Theil bei T. fallax a sind dieselben an beiden Enden gabelig getheilt, auch bei mehreren anderen

Arten (z. B. T. pyriformis b, obtusa, nigripes, varia c, d, chrysosperma a, b, g, serpula) kommt zuweilen, bei T. abietina sogar in der Regel, eine Gabeltheilung aber nur nach einer Seite hin vor. Eine andere Art Verzweigung, z. B. die Aussendung mehrerer Aeste aus einem fortlaufenden Hauptfaden habe ich nur bei T. chrysosperma a bemerkt (Tab. II. 13c, d.).

Bei T. pyriformis, fallax, clavata, furcata spitzen sich die Enden der Fäden ganz lang und allmählich zu, bei manchen Formen derselben Species beginnt diese allmähliche Verdünnung mit einem mehr oder weniger deutlichen Absatz und knieartiger Biegung, — bei den meisten Trichia-Arten endigt der Faden beiderseits mit einer sich plötzlich verjüngenden, oft sehr kurzen, auch durch das Verschwinden der Spiralbildung vom übrigen Faden bestimmt unterschiedenen Spitze (T. nigripes, turbinata, varia, rubiformis, chrysosperma); wo dieselbe wie bei der zuletzt genannten Art sehr kurz ist, ist sie oft schief, rechtwinklig oder hakenförmig rückwärts gerichtet, auch kommen in diesem Fall oft 2 oder 3 Spitzen, ein Zwei- oder Dreizack bildend, vor. Bei T. obtusa und abietina sind die Enden einfach abgerundet. Die Zuspitzung der Fäden zeigt bei den einzelnen Arten eine so bestimmte Form, bei verschiedenen Arten so grosse Abweichungen, dass dieser Punct für die Charakteristik der Arten ganz besondere Beachtung verdient.

Theils am Anfang der Spitze (T. varia, Tab. II. 7., 8., 9., 10.), theils auch im Verlauf des ganzen Fadens (T. craterioides Corda [Icones IV., Tab. VII. Fig. 96.], chrysosperma g, varia a) kommen blasenartige Erweiterungen der Fadenzelle vor.

Die Länge der Fäden variirt bei einer und derselben Art zuweilen um das Doppelte, in der Regel jedoch innerhalb engerer Grenzen, um so mehr aber zwischen verschiedenen Species; bei den meisten Arten beträgt dieselbe nicht unter $\frac{1}{8}'''$ und nicht über $\frac{1}{4}'''$, bei T. chrysosperma jedoch zuweilen nur $\frac{1}{20}'''$, bei T. nigripes dagegen $\frac{1}{2}'''$ und bei T. rubiformis und serpula sogar über $2'''$. Weit weniger differirt die Dicke und ist für jede Art ziemlich constant; selten sind die Fäden schwächer als $\frac{1}{400}'''$ oder stärker als $\frac{1}{300}'''$. Das Verhältnis der Länge zur Dicke ist hiernach sehr verschieden, es schwankt im Allgemeinen zwischen dem 50- und 500fachen, nur bei T. chrysosperma a sind die Fäden oft nur 18, bei T. rubiformis und serpula aber 600—1000mal so lang als dick. — Verglichen mit den Sporen sind die Elateren durchweg dünner und zwar bei den meisten Arten ungefähr halb so dick, bei manchen (z. B. T. va-

ria d, chrysosperma a) nur $\frac{1}{3}$, dagegen bei T. fallax $\frac{2}{3}$, bei T. rubiformis und obtusa $\frac{3}{4}$ des Sporendurchmessers.

Ferner unterscheiden sich die Arten nach dem verschiedenen Grade der Steifigkeit und Biegsamkeit der Fäden. Letztere zeigt sich besonders bei den langen und dünnen Fäden, welche alsdann im höchsten Grad durcheinander geschlungen und verflochten sind.

Die ausgezeichnetste Erscheinung aber an dem Capillitium bei Trichia und Arcyria ist die schrauben- und ringförmige Bildung der Membran dieser Fadenzellen, wodurch sich beide Gattungen von allen übrigen ihrer Verwandtschaft unterscheiden. Zwischen ihnen beiden selbst tritt aber ein scharf bezeichneter Unterschied auf, welcher zusammengenommen mit der eben angeführten Verzweigungsweise jede der beiden Gattungen viel bestimmter charakterisirt, als dies in den bisherigen fast nur auf die Art des Aufspringens gegründeten Diagnosen der Fall ist. Bei allen Trichia-Arten, d. h. bei den mit einfachen oder wenig verzweigten, stets unter einander freien Capillitiumfäden, besitzt nämlich die Wand der letzteren einen schraubenförmigen Bau, bei Arcyria (d. h. mit netzartig verzweigtem Capillitium) dagegen ganz oder theilweise herumlaufende ringförmige Leisten oder zahnartige Erhabenheiten.

Was die anatomische Natur dieser Bildung namentlich bei Trichia betrifft, so wurde bisher fast allgemein angenommen (z. B. von Corda, Schnizlein, Bonorden), dass dieselbe ebenso wie bei den Spiralfaserzellen und Gefässen der höheren Gewächse und bei den Sporenschleudern der Lebermoose auf einer secundären Verdickung, d. h. auf einem auf der inneren Zellenwand abgelagerten Spiralband beruhe. Es widerlegt sich diese Erklärung durch den Umstand, dass die Schraubengänge nicht nach Innen, sondern stets nach Aussen hervortreten. Die letztgenannte Erscheinung wurde von Schacht*) in der Abbildung von T. chrysosperma richtig dargestellt, zugleich aber eine durchaus irrige Erklärung gegeben, indem die schraubenartige Bildung nur durch eine Drehung der flachen fadenförmigen Zellen um sich selbst

---

*) Pflanzenzelle p. 151, Tab. XVI. Fig. 13., — Lehrbuch der Anat. u. Phys. I. p. 178.

Weitere literarische Angaben über diesen Gegenstand findet man in de Bary's Abhandlung: Die Mycetozoen p. 89.

entstehen soll. Es steht mit dieser Ansicht im Widerspruch sowohl die Beobachtung, dass die Elateren bei Trichia von Anfang an vollkommen cylindrische Zellen sind, als auch das fast allgemeine Vorkommen von mehreren Spiralen an einem Faden, was durch Drehung eines Bandes, wie es doch bei der meist einfachen Zuspitzung sein müsste, nicht erklärt werden kann, — sowie die mitunter vorkommenden Uebergänge der Spiralform in die Ringform.

Wenn Schacht weiter bemerkt, dass bei Arcyria über das Dasein eines gedrehten flachen Bandes kein Zweifel sein könne, so ist dies zwar insofern richtig, als bei T. punicea, welche Sch. allein untersucht zu haben scheint, die Fäden des Netzes flach sind, aber von einer Drehung ist bei Arcyria eben so wenig zu sehen als bei Trichia von einem flachen Bande. Vielmehr hat die spiralige Bildung bei Trichia ihren Grund im Wesentlichen in einer localen, nämlich der Richtung von Schraubenwindungen folgenden Erweiterung und Auftreibung der unverdickten Zellenmembran, in der Art, dass die so erweiterte Membran als eine nach Innen offene und rinnenförmige, nach Aussen wellenartig hervortretende, spiralig verlaufende Falte erscheint. Hierzu scheint nun in den meisten Fällen auch eine secundäre Verdickung der Membran hinzuzukommen, welche demselben Wege folgt, und wodurch die Rinne nach Innen mehr oder weniger ausgefüllt wird und dadurch weniger durchsichtig als die zwischenliegende weder erweiterte, noch verdickte Membran erscheint. Niemals scheint aber die secundäre Verdickung in dem Grade statt zu finden, dass sie nach Innen als erhabene Leiste hervortritt. Jedenfalls ist die Verdickung das Secundäre, die Ausweitung dagegen das Primäre, wodurch die spiralige Zeichnung der Fadenzelle zunächst hervorgerufen wird. Dass diess so ist, geht schon daraus hervor, dass die Schraubenwindungen stets mehr oder weniger nach Aussen erhaben sind, was sich nur auf die angegebene Weise erklären lässt. Namentlich überzeugt man sich bei T. nigripes, turbinata, varia (Tab. II. 5—10.) auf den ersten Blick, dass hier an der ausgezeichneten Schraubenbildung die secundäre Verdickung so gut als gar keinen Antheil hat. Aber auch für die übrigen Fälle lässt eine genaue Beobachtung der ganzen Erscheinung, namentlich jugendlicher Stufen, sowie gewisser unten anzuführender abnormer Bildungen keinen Zweifel an der Richtigkeit obiger Erklärung. — Auch die ring- und leistenartigen Unebenheiten am Capillitium von Arcyria können nur auf diese Weise entstanden sein.

Ganz besonders in dem beschriebenen Bau der Elaterenwand finden sich auffallende und zum Theil für die verschiedenen Species charakteristische Abweichungen. Bei Trichia sind es folgende.

Die Zahl der an einem Faden nebeneinander laufenden Schraubengänge ist für eine und dieselbe Species, ja selbst an einem und demselben Faden nicht ganz bestimmt, jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen schwankend. Z. B. finden sich 1 oder 2 Schraubengänge bei Tr. nigripes (II. 5.), turbinata (II. 6.), varia (II. 7—10.), abietina (II. 11.); 2 oder 3 bei Tr. rubiformis (II. 12.), chrysosperma a, b, c, f (II. 13., 14., 15.; III. 1.); 3 bei Tr. pyriformis (I. 12., 13.), clavata a (II. 1.), furcata (I. 11.), chrysosperma e, g, h, i (II. 13., III. 2. 3. 4.), T. fallax a (I. 14.), clavata c, obtusa (II. 4.), serpula; 4—5 bei T. fallax d, chrysosperma d, k (II. 16., III. 5.). Höhere Zahlen, wie z. B. 10—12 Windungen von Corda bei T. chrysosperma abgebildet werden, habe ich niemals beobachtet. Die Zahl der Windungen hängt offenbar zusammen theils mit dem Neigungswinkel, welcher zwar oft an einem und demselben Faden sich verändert, im Allgemeinen aber für gewisse Arten bezeichnend ist (z. B. mehr als 45° bei T. obtusa, ungefähr 45° bei T. pyriformis, clavata etc., weniger als 45° bei T. chrysosperma e, f, g, h), — theils mit der Breite der spiraligen Falten (Wälle) und der vertieften Zwischenräume (Thäler).

Ganz besonders tragen diese letzteren Verhältnisse dazu bei, die für jede Species charakteristische Configuration der Capillitiumzellen zu bestimmen. Entweder nämlich haben 1) die Wälle und die dieselben trennende Thäler ungefähr gleiche Breite: T. pyriformis (I. 13., 14.), fallax b (I. 15.), clavata (II. 1—3.), furcata (I. 11.), obtusa (II. 4.), chrysosperma (II. 9—13.; III. 1—5.), rubiformis (II. 12.), — oder 2) die Thäler sind von verschwindender Breite und erscheinen nur als schmale und scharfe Rinnen zwischen den abgerundeten Wällen, z. B. T. fallax a (I. 14.), oder 3) umgekehrt, die Thäler sind beträchtlich breiter als die Wälle, deren Windungen alsdann durch ein mehr oder weniger breites rinnenförmiges oder cylindrisches Stück der Zellenwand getrennt sind, z. B. T. nigripes (II. 5 a.), turbinata (II. 6.), varia (II. 7—10.), (abietina (II. 11.).

Im ersten der genannten drei Fälle bietet der Faden etwa das Ansehen eines Cylinders dar, welcher mit 2 oder mehreren Strängen in einander mehr oder weniger genäherten Windungen umwickelt ist, im zweiten dagegen gleicht er einem aus 3 oder 4 um einander gewundenen Strängen gebildeten Strick, und im dritten Fall

entsteht einigermassen der Schein, als wären 1 oder 2 Bänder so um einander gewunden, dass die benachbarten Windungen etwa übereinanderstehenden Trichtern gleichen.

Nächst dem Verhältnis der Breite der Wälle zu der der Thäler wird der Charakter der Schraubenbildung bestimmt durch den Grad der Erhabenheit der ersteren, welche bei manchen Arten sehr bedeutend (z. B. T. nigripes, varia), bei andern (z. B. T. clavata c, furcata, chrysosperma b, c, e) geringer, und bei noch anderen (z. B. T. clavata a, b, obtusa, chrysosperma a) so unbedeutend ist, dass die Seitenwände der Elateren annähernd als gerade Linien erscheinen, während sie in den ersteren Fällen mehr oder weniger gezahnt oder wellenförmig sind, — sowie durch die Gestalt der erhabenen Windungen und der Thäler, indem die ersteren bald als abgerundete Wälle, bald als scharfe Leisten erscheinen, und sich mehr oder weniger sanft in die Thäler abdachen, und indem die letzteren bald eben, d. h. Theile eines Cylindermantels, bald rinnenförmig ausgehöhlt sind.

Die Windungsrichtung bei Trichia ist vorherrschend rechts*), jedoch keineswegs so allgemein, wie es nach den Angaben von A. Braun**) und de Bary***) scheinen könnte. Es fehlt vielmehr nicht an Beispielen, wo Rechts und Links wechselt, und zwar nicht bloss ausnahmsweise, sondern als eine bei manchen Arten (besonders T. nigripes, turbinata, varia, abietina) fast regelmässige und für dieselbe charakteristische Erscheinung. Jedoch ist zu bemerken, dass dieser Wechsel in der Windungsrichtung, wie mir scheint, nur im Verlauf einer Elatere, nicht aber zwischen zwei Elateren eines Peridiums oder zwischen zwei benachbarten Peridien derselben Art vorkommt, wenigstens glaube ich niemals eine Elatere mit durchgehender Linkswindung, wo die übrigen rechts gewunden waren, beobachtet zu haben. Das Vorherrschen der Rechtswindung zeigt sich darin, dass einerseits mehrere Species (T. pyriformis, fallax, clavata c, chrysosperma, obtusa, rubiformis) constant oder fast constant rechts gewundene Elateren haben, während, so viel ich weiss, keine einzige Species constante Linkswindung zeigt, und dass, wo Links mit Rechts wechselt, nur in wenigen Fällen beide Richtungen sich ungefähr das Gleichge-

*) Rechts d. h. hopfenwendig, — links d. h. bohnenwendig.
**) Bot. Zeit. 1856, p. 47.
***) Mycetozoen p. 27.

wicht halten, wie bei T. nigripes, varia b, serpula, oder die Linksrichtung vorherrschend ist, wie bei T. varia c, in den meisten Fällen dagegen (z. B. T. clavata a, b, furcata, turbinata, abietina, varia a, d) die Rechtswindung ein meist bedeutendes Uebergewicht hat.

Bei den meisten Arten sind die Elateren derbwandig, wovon man sich jedoch nur an solchen Stellen, wo die Spiralbildung ausnahmsweise einmal fehlt (z. B. bei T. chrysosperma f) und wo die glatte Wand deutlich die doppelten Contouren erkennen lässt, überzeugen kann. Bei manchen, z. B. T. nigripes, turbinata, varia, abietina, scheint keine Verdickung der Wand zwischen den Windungen stattzufinden. Trotz der Verdickung ist die Membran der Elateren, und zwar gerade vorzugsweise bei den Arten mit derbwandigen Elateren (T. pyriformis, fallax, clavata, furcata, abietina, rubiformis, chrysosperma, serpula) besonders die der Thäler so durchsichtig, dass die hinteren Windungen mit gleicher, ja, was auffallend ist, mit grösserer Schärfe und Deutlichkeit als die vorderen durchscheinen und sich daher mit diesen in gleicher Fläche zu durchkreuzen scheinen, so dass es bei der geringen Dicke des Fadens einer sorgfältigen Einstellung bedarf, um die wahre Windungsrichtung zu bestimmen. Bei anderen Arten (T. obtusa, nigripes, turbinata, varia) scheinen trotz der gerade hier besonders dünnen Membran die hinteren Windungen gar nicht oder nur undeutlich durch. In der Regel erscheinen die Spiralleisten hell, die Membran der Thäler aber dunkler, seltener (z. B. T. obtusa, chrysosperma b) ist es umgekehrt.

Bei T. chrysosperma e (Tab. II. 17.) ist ein zweites, sich mit dem gewöhnlichen wahrhaft durchkreuzendes System spiraliger Leisten ohne Zweifel vorhanden. Es zeigt sich nämlich hier auf der Membran zwischen je 2 Windungen, also in den Thälern zwischen den rechtsgewundenen spiraligen, ziemlich erhabenen Leisten eine sehr feine Streifung, deren Richtung ungefähr denselben Winkel mit der Axe wie jene, aber nach der entgegengesetzten Seite, also nach links, bildet und daher die Hauptleisten annähernd rechtwinklig durchkreuzt. Diese Streifung entsteht durch schmale Leistchen, welche, niedriger als die Hauptleisten, mit eben so breiten Thälchen wechseln. Die Zahl der auf einem Umlauf vorhandenen Leistchen ist etwa 10, daraus ergiebt sich bei dem Durchmesser der Zelle von $\frac{1}{300}$''' eine Breite des einzelnen Leistchens als circa $\frac{1}{2000}$'''. Da die Leistchen in dem einen Thal mit dem des nächsten Thals, wie ich zu sehen glaube, correspondiren, d. h. fortlau-

fende, nur durch die Windungen der Hauptleisten unterbrochene Linien darstellen, so können wir diese Bildung als ein secundäres linkswendiges Spiralsystem betrachten. De Bary (a. a. O. p. 28) beschreibt dieselbe Erscheinung, nur mit dem Unterschiede, dass nach seiner Angabe die secundären Leisten mit der Axe parallel laufen sollen. Ausserdem habe ich diese Erscheinung weder bei einer anderen Form der genannten Species, noch bei einer anderen Species wahrgenommen.

Bei Tr. rubiformis, serpula und chrysosperma b, ist die Oberfläche der Elateren mit spitzen Stacheln (Verdickungen der Membran) besetzt.

Die Farbe des Capillitiums ist bei T. pyriformis zimmtbraun, bei T. rubiformis braunroth, wird aber durch Salpetersäure gelb; bei allen übrigen Arten okerfarbig oder gelb in verschiedenen Nüancen, wird hier aber durch Salpetersäure dunkler, fast röthlich-gelb.

Eine eigenthümliche Bildung des Capillitiums will ich hier nicht unerwähnt lassen, welche ich bei einigen unreifen Peridien von Tr. furcata beobachtete. In einem jugendlichen, glänzendweissen Peridium (I. 2.) erschien der Inhalt (I. 3.) als eine trübe körnige Flüssigkeit, in welcher zahlreiche farblose, zartwandige, kugelige, etwa $\frac{1}{600}'''$ dicke Bläschen (f.) schwammen, welche frei in der Peridiumhöhle entstanden waren und ohne Zweifel den Jugendzustand der Sporen, vielleicht die Zellenkerne darstellten. Mehr in der Mitte der Höhle lag, dem Capillitium entsprechend, ein Ballen von langen, farblosen, zartwandigen, wurmförmig gebogenen, einfachen oder mannigfach verzweigten Fadenzellen (a, b, c, d.), deren Enden meist etwas angeschwollen waren. Dazwischen lagen einzelne runde, farblose, zartwandige Zellen (e.), etwa $\frac{1}{150}'''$ dick, welche, wie es scheint, in den angeschwollenen Enden der Fadenzellen entstanden und durch Abschnürung frei geworden waren. An einem anderen ganz ähnlichen Exemplar (I. 4., 5.) waren die Enden der etwa $\frac{1}{600}'''$ dicken Fadenzellen an den Enden ebenfalls, und zwar meist kugelförmig, bis zu einem Durchmesser von $\frac{1}{220}'''$ angeschwollen; ausserdem fanden sich aber solche Anschwellungen auch stellenweise im Verlaufe der Fadenzellen, und zwar theils ebenfalls kugelförmig, theils scheibenförmig, meistens aber durch Einschnürung in je zwei dicht aufeinander liegende Scheiben getheilt. In einem dritten, gelblichen, etwas weiter entwickelten Peridium (I. 6.) derselben Art fehlte sowohl die schleimig-körnige In-

haltsmasse, als auch die Sporen resp. deren Kerne, die Fadenzellen (I. 7.) dagegen zeigten einerseits (a, b.) dieselben blasen- und scheibenförmigen Anschwellungen an den Enden und im Längsverlaufe, wie an dem vorher beschriebenen Exemplar, andererseits aber nahmen an denselben Fäden die Anschwellungen die Form von Spiralleisten an und bildeten dadurch, sowie durch die bei vielen Fäden (d.) vorkommende Gabeltheilung mit zugespitzten Enden deutliche Uebergänge in die bei allen übrigen Exemplaren dieser Species allgemein herrschende Bildung des Capillitiums (I. 10.), nämlich Fadenzellen, an beiden Enden gabelig getheilt und mit 3 theils rechts, theils links verlaufenden Spiralen (I. 11.). In dem vorliegenden abnormen Peridium finden sich bald 1, bald 2, bald 3 Spiralen an einem Faden, und zwischen diesen und den blasigen und ringförmigen Anschwellungen zeigen sich an demselben Faden allmähliche Uebergänge. Theils hierdurch, theils durch den Umstand, dass hier die Spiralleisten durch die offenbar nicht verdickte, sondern blos nach Aussen erweiterte Membran gebildet wird, findet die oben ausgesprochene Deutung der Spiralbildung ihre bestimmte Bestätigung. — Einzelne zwischen dem Capillitium vorkommende kugelige Zellen (e.) scheinen den bei dem ersten der drei beschriebenen Peridien erwähnten, wahrscheinlich durch Abschnürung freigewordenen Zellen (I. 3e.) zu entsprechen. Zugleich fand ich aber sowohl in dem zweiten als in dem dritten dieser Exemplare einige Zellen (I. 5a.; 7f, g, h.), welche sich einerseits den eben genannten kugeligen Zellen anschlossen, andererseits durch Verlängerung und Anschwellung an einem oder an beiden Enden einen Uebergang zu den Fadenzellen bildeten, zum Theil aber auch eine dem ganzen Peridium ähnliche Form im Kleinen darboten. Namentlich stimmen sie mit dem letzteren durch die derbe Membran und durch den körnig-trüben Inhalt überein. Ich werde weiter unten auf diese Gebilde zurückkommen. — Da das Capillitium der drei oben beschriebenen Exemplare von Tr. furcata von dem der übrigen bestimmt verschieden, zugleich aber durch stetige Uebergänge mit der Bildung der letzteren verknüpft ist, jedoch so, dass man nicht annehmen kann, die Form der ersteren sei durch eine zeitliche Entwickelung in die der letzteren übergegangen, so bleibt nichts übrig, als jene Exemplare nicht nur für jugendliche Stufen, sondern auch für abnorme Bildungen der vorliegenden Species zu halten. Und abgesehen von dem Licht, welches dieselben über die Natur der Spiralbildung der Trichia-

Elateren verbreiten, bieten sie noch dadurch ein Interesse, dass in ihnen ein Uebergang der Ringe in die Spiralform, mithin gewissermaassen ein Uebergang der beiden Gattungen Arcyria und Trichia zum Vorschein kommt. —

Die Verschiedenheiten im Bau des Capillitiums bei der Gattung Arcyria beruhen theils in der Gestalt des Netzes, welches bald weitmaschig, z. B. A. incarnata a (III. 8.), nutans (III. 13., 15.), ramulosa (III. 17.), serpula (III. 18.), bald engmaschig ist, z. B. A. incarnata b (III. 9.), cinerea (III. 11.), — theils auf dem bald mehr geradlinigen (A. punicea, ramulosa etc.), bald mehr verbogenen (A. cinerea b, serpula etc.) Verlauf der Fäden. — Die Stärke der Fäden variirt, wie bei Trichia, zwischen $\frac{1}{300}'''$ und $\frac{1}{400}'''$, selten sind sie dünner, niemals dicker, bei A. serpula haben sie die ungewöhnlich geringe Dicke von $\frac{1}{800}'''$. Die Stärke verändert sich an einem und demselben Capillitium, bei A. cinerea in einer bestimmten Weise, indem die peripherischen Fäden nur etwa halb so stark sind ($\frac{1}{800}'''$) als die mittleren.

Hieraus und aus der oben S. 7—8 angegebenen Sporendicke ergiebt sich, dass bei Arcyria die Fäden den Sporen im Ganzen an Stärke gleichkommen, nur selten etwa halb und nur bei A. serpula $\frac{1}{4}$ so dick als die letzteren sind. Bei A. punicea sind die Fäden mehr oder weniger platt, bei fast allen übrigen cylindrisch.

Die Configuration der Oberfläche der Capillitiumfäden bei Arcyria zeigt der Natur der Sache nach eine geringere Mannigfaltigkeit als bei Trichia. Die für diese Gattung typischen ringförmigen Erhabenheiten erscheinen theils als scharf vortretende, theils als stumpfe Leisten, theils nur als ganz schwache Querlinien (A. cinerea a). Entweder laufen die Leisten ringsum, in welchem Falle beide Ränder des Fadens kammartig gezahnt erscheinen; die Ringe sind alsdann meist ziemlich gleich weit entfernt, oder, wie bei A. serpula (III. 18.), ungleichmässig vertheilt; — oder die Leisten sind nur halb ringförmig und treten, da sie alsdann stets auf einer Seite des Fadens übereinander liegen, nur an einem Rand des Fadens als kammartige Zähne hervor, während der andere eben erscheint.

Bei gewissen Arten, z. B. A. cinerea (III. 10., 11., 12.) sind die Erhabenheiten nur auf Stacheln oder Warzen reducirt, welche alsdann, wie es scheint, immer gleichmässig über die Oberfläche vertheilt sind. Oder die Oberfläche der Capillitiumfäden ist ganz glatt (A. ramulosa, III. 17.), wodurch eine Annäherung zwischen Arcyria und den anderen Myxomyceten-Gattungen mit glattem

Capillitium stattfindet. Diese verschiedenen Formen der Fadenzellen sind zum Theil für gewisse Species charakteristisch, zum Theil finden sie sich aber auch an einem und demselben Capillitium nebeneinander. Bei A. cinerea zeigt sich in dieser Ungleichmässigkeit eine bestimmte Ordnung, welche im Zusammenhang mit der oben erwähnten Verschiedenheit der Dicke der Fäden steht, indem die dünnen Fäden des peripherischen Theils vom Capillitium stets mit deutlichen Warzen, Stacheln oder Leisten besetzt sind, an den mittleren, dickeren Fäden dagegen die Unebenheiten nach und nach abnehmen oder ganz verschwinden (III. 7.; III. 11e, f, g, d.; III. 12.)*).

Bei A. ramulosa sind die Fäden mit einem gelben, körnigen Ueberzug bedeckt, welcher sich mit Wasser entfernen lässt, bei allen übrigen hat die Farbe, nämlich roth bei A. punicea, braun bei A. incarnata, grau bei A. nutans und serpula, ihren Sitz in der Wandung selbst.

Während bei Trichia an der Elaterenwand, wenigstens an dem nicht ausgeweiteten Theil derselben, keine secundäre Verdickung wahrzunehmen ist, kommt eine solche bei Arcyria häufig, und zwar in dem Grade vor, dass die Zellenhöhle oft bis auf ein Minimum verengt erscheint (A. incarnata, cinerea a, c, nutans c, ramulosa), dagegen ist bei anderen, z. B. A. cinerea b und besonders bei A. serpula, die Wand nicht verdickt.

Weder bei Trichia noch Arcyria ist es mir auch durch die energischste Behandlung mit Jod und Schwefelsäure gelungen, Cellulose in dem Capillitium mit Sicherheit nachzuweisen, und ich bin geneigt, den Grund hiervon weniger in einer Incrustierung der Cellulose, als in einer von der Cellulose verschiedenen, jedoch nicht stickstoffhaltigen Substanz der Membran zu suchen. —

Ausser dem Capillitium und den Sporen begegneten wir (abgesehen von den Zellen der Stielhöhle) im Vorhergehenden wiederholt einer dritten Art von Zellen im Inhalt des Peridiums. Dieselben haben mit den Sporen die Kugelform gemein, sind aber übrigens von diesen sowohl in der Grösse als in der Bildung der Oberfläche und vielleicht auch in der Entstehungsweise wesentlich verschieden. Dagegen stehen sie in einer näheren Beziehung zu den Fäden des Capillitiums, indem sie theils zuweilen durch faden-

*) Aehnlich giebt diess auch de Bary für A. cinerea an (Die Mycetozoen p. 25. Tab. VIII. Fig. 5.).

förmige Entwickelung Uebergänge in die letzteren zeigen (z. B. in den oben erwähnten abnormen Exemplaren von Tr. furcata)*), theils, wie es nach einzelnen Beobachtungen bei Arcyria serpula und bei den eben genannten Peridien von Tr. furcata scheint durch Abschnürung an den Enden der Elateren entstehen. Andererseits nahmen dieselben hier zuweilen Formen an, welche die des ganzen Peridiums im Kleinen nachzuahmen schienen. Letzteres habe ich in noch ausgezeichneterer Weise in einem aufgesprungenen und wahrscheinlich durch die Feuchtigkeit des Standortes grossentheils zerstörten Peridium derselben Trichia-Art beobachtet. Die Fadenzellen waren darin ganz oder bis zum Verschwinden aufgelöst; auch die Sporen fehlten. Anstatt dessen fand sich ein Haufen von den Tab. I. 9. dargestellten Gebilden. Es waren kugelige Zellen von $\frac{1}{150}'''$ oder kleiner, welche sich zu den mannigfachsten Formen erweiterten, theils keulenförmig, theils an einem Ende fadenförmig verlängert, am andern kugelig oder birnförmig aufgeblasen, theils ganz unregelmässig, zum Theil in der Mitte aufgeblasen, an beiden Enden fadenförmig ausgezogen. Sie erreichten die Länge von $\frac{1}{40}'''-\frac{1}{30}'''$, einzeln selbst $\frac{1}{15}'''$. In der Regel waren es einfache Zellen, bei manchen sah ich Scheidewände, zuweilen schnürten sich kleine Zellen an den Enden ab. Sie bestanden aus einer derben gelblichen, vollkommen glatten Membran, auf welche eine dicke, glashelle Schicht und ein trüber, körniger Inhalt folgte, welcher sich zuweilen durch den Stiel hindurchzog. Die äussere derbe Membran zeigte wiederum einige schmale Schichten, von denen die äusserste sich durch Jod rothbraun färbte. Bei manchen zeigten sich im Inhalt eine oder mehrere grosse Blasenräume mit einem runden Kern, bei anderen kleine Vacuolen in rundlichen Auswüchsen der Membran (vielleicht entsprechend den secundären, gleichsam verkümmerten Sporenblasen neben dem Fuss der ausgebildeten Peridien).

*) Vielleicht gehören hierher auch die eigenthümlichen Bildungen, welche z. B. bei T. rubiformis zwischen den gewöhnlichen Elateren vorkommen (Tab. II. 12dd.), nämlich theils glatte spindelförmige oder 3—4 ästige Zellen von der Grösse der Sporen, theils kugelige, von den Sporen durch eine derbere Beschaffenheit, stachelige Unebenheiten und die rothbraune Farbe des Capillitiums unterschiedene Zellen, andere sind verlängert, unregelmässig aufgeblasen, durch die Farbe, die stachelige Oberfläche und stellenweise auftretende Spiralzeichnung in die eigentlichen Elateren übergehend, gleichsam Verkümmerungsformen der letzteren darstellend.

Wenn es gestattet ist, aus solchen vereinzelten Beobachtungen, wenigstens vermuthungsweise, eine allgemeine Ansicht abzuleiten, so würde dieselbe darin bestehen, dass bei unsern beiden Gattungen, vielleicht bei den Myxomyceten überhaupt, zweierlei Fortpflanzungszellen nebeneinander, und zwar innerhalb desselben Peridiums vorkommen, nämlich die frei in der Höhle des Peridiums erzeugte Spore, aus welcher sich nach de Bary's Untersuchungen das neue Individuum in der Art entwickelt, dass dieselbe aufbricht und ihr Inhalt als bewegliche Primordialzelle („Schwärmer") heraustritt, alsdann die Gestalt und die Bewegungen der Amöben annimmt, weiter sich zu ebenfalls contractilen und fortkriechenden grösseren Sarcodesträngen entwickelt, welche dann zuletzt an gewissen Stellen die Peridien oder Sporenblasen erzeugen, und andererseits solche Zellen, welche sich, wie es scheint, von den Fadenzellen des Capillitiums abtrennen und durch blosse Erweiterung unmittelbar zu neuen Peridien ausbilden, und daher als Keimkörner oder Brutzellen zum Unterschied von den Sporen als den Fortpflanzungszellen im engeren Sinn betrachtet werden können. Und sollte es sich bestätigen, worauf meine Beobachtungen mehrfach hindeuten, dass diese Brutzellen durch Theilung oder Verzweigung der Fadenzelle entstehen, und dass andererseits aus ihnen unter gewissen Umständen durch fadenartige Entwickelung auch wieder Elateren hervorgehen können, so würde sich hieraus zwischen den beiden Hauptbestandtheilen des Peridieninhaltes, den Sporen und dem Capillitium, nicht nur ein morphologischer sondern auch ein physiologischer Gegensatz ergeben.

B. Zur Systematik von Trichia und Arcyria.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass Trichia und Arcyria zwei scharf unterschiedene, bestimmt charakterisirte Gattungen sind, dass jedoch die bisherigen Diagnosen theils auf nicht durchgreifende und zur Unterscheidung der Gattungen nicht genügende, theils auf unrichtige Merkmale gegründet sind*). Vielmehr beruht der wesentliche Charakter in der Bildung des Capillitiums, und zwar darin, dass

---

*) Das Merkmal in Fries, syst. myc.: „Arcyria peridio circumscisso, Trichia peridio apice irregulariter rupto" ist nicht ganz durchgreifend, — das Merkmal: „Arcyria floccis contortis" ist unrichtig.

die Fäden desselben bei Trichia einfach oder wenig verzweigt, aber nicht untereinander verbunden sind, bei Arcyria dagegen vielfach verzweigt und mit den Verzweigungen durch zahlreiche Anastomosen verbunden ein zusammenhängendes Netz darstellen, — ferner dass die Membran dieser Fadenzellen bei Trichia spiralige, bei Arcyria ringförmige, querleistenförmige, warzige oder auch gar keine Unebenheiten besitzt*). In zweiter Linie folgen dann einige Unterschiede, welche weniger durchgreifend und weniger scharf ausgeprägt sind, nämlich das unregelmässige Aufspringen des Peridiums bei Trichia, das ringsumschnittene Aufspringen bei Arcyria, die nicht oder nur wenig verdickte Membran der Elateren bei Trichia gegenüber dem fast allgemein sehr dickwandigen engröhrigen Capillitium bei Arcyria, ferner in Beziehung auf die Sporen, welche bei Trichia im Allgemeinen doppelt so dick sind als die Elateren, von gleicher Farbe wie das Capillitium und mit einer mehr oder weniger derben, aber nicht bedeutend verdickten Membran, — während dieselben bei Arcyria fast allgemein nicht dicker als die Fäden, meist farblos, glatt und mit meist bedeutend verdickter Wand versehen sind.

Durch jene Unebenheiten der Capillitiumfäden einerseits, sowie durch das ohne Zusammenhang mit der Wand frei in dem Peridium liegende Capillitium andererseits werden unsere beiden Gattungen als eine natürliche Gruppe innerhalb der Familie der Myxomyceten charakterisirt. Jedoch ist dieser Charakter in Beziehung auf das erste Merkmal insofern zu weit, als eine der Arten A. ramulosa eine ganz homogene Membran der Elateren besitzt, sowie in Beziehung auf das zweite Merkmal zu eng, insofern auch bei Perichaena die spärlich in der Sporenmasse zerstreuten Fäden frei liegen, welche Gattung daher einerseits sich den Gattungen Trichia und Arcyria und andererseits der durch gänzliche Abwesenheit eines Capillitiums ausgezeichneten Gattung Licea anschliesst.

Was die Stellung der ganzen sehr natürlich begrenzten Fa-

*) Das erstere Merkmal, betreffend die Verzweigung des Capillitiums, hebt schon Corda (Anl. z. Stud. der Mykologie p. 84: Arcyria capillitio e floccis reticulatis, freilich mit dem unrichtigen Zusatz: „dein contortis"), sowie Bonorden (Handb. der Mykologie p. 217) hervor. Dagegen muss ich dessen Angabe, dass die Spiralbildung bei manchen Trichia-Arten fehle, und umgekehrt bei manchen Arcyria-Arten vorhanden seien, für alle von mir untersuchten Arten, namentlich für die angeführten Beispiele T. rubiformis und Arcyria punicea widersprechen.

milie der Myxomyceten betrifft, so hat dieselbe in Beziehung auf die Entwickelungsgeschichte eher unter den Algen ihre Analogieen und stimmt zwar in den Lebensbedingungen mit den Pilzen überein, ohne dass unter den letzteren jedoch irgend eine Abtheilung wäre, welcher sich die Myxomyceten sei es unterordneten, oder anreihten, wie denn namentlich mit den Bauchpilzen nur bei oberflächlicher Ansicht eine gewisse Aehnlichkeit besteht, die aber nach unserer gegenwärtigen Kenntnis beider Abtheilungen vollständig wegfällt.

In Beziehung auf die Unterscheidung der Species von Trichia und Arcyria gilt das oben über die Charakteristik dieser beiden Gattungen Gesagte. Die bisherigen, namentlich auch die von Fries aufgestellten Diagnosen, soweit sie besonders auf die Gestalt und Farbe des ganzen Fruchtkörpers, sowie auf die Farbe des Capillitiums und der Sporen gegründet sind, erscheinen, weil die genannten Verhältnisse theils sich einem scharfen und deutlichen Ausdruck entziehen, theils bei den einzelnen Arten schwankend sind, als durchaus unzureichend, weshalb es für die meisten Arten schwierig oder geradezu unmöglich ist, eine vorkommende Form nach den vorhandenen Beschreibungen sicher zu bestimmen*), — wogegen die oben im Allgemeinen beschriebenen mikroskopischen Verhältnisse des Capillitiums und der Sporen Merkmale für die Definition der einzelnen Species liefern von einer Bestimmtheit und Beständigkeit, wie sie kaum bei einer andern Abtheilung der niederen Gewächse zu finden ist.

Im Folgenden gebe ich eine Zusammenstellung der mir bekannten Trichia-Arten als einen Versuch, für dieselben mit Hülfe jener mikroskopischen Merkmale schärfere und vollständigere Diagnosen aufzustellen und damit in dem Chaos einige feste Anhaltspunkte zu schaffen, sowie zugleich die Gruppirung dieser Gattung nach ihren natürlichen Verwandtschaftsverhältnissen übersichtlich darzustellen. Bei der Untersuchung der übrigen Arten wird es sich zeigen, ob dieselben sich einfach in diese systematische Anordnung einschalten lassen, oder in wiefern die letztere modificirt werden muss.

---

*) Zum Beweis dient die in den Herbarien bei unsern beiden Gattungen herrschende Verwirrung: unter dem aus der Hand namhafter Botaniker herrührenden Material fand ich eine und dieselbe Species unter 2—3 verschiedenen Bezeichnungen, und umgekehrt, unter einem und demselben Namen verbargen sich 2 oder 3 verschiedene Species, eine Verwirrung, welche keineswegs den Sammlern sondern lediglich den unbestimmten Diagnosen zur Last fällt.

Trichia.

A. Peridien frei, ohne gemeinschaftlichen Hypothallus, auch der der einzelnen Peridien meist verschwindend.

1. Peridien gestielt, meist verkehrteiförmig. Spiralwindungen 3—4, durch deutliche, aber nicht stark erhabene Leisten gebildet, dicht, d. h. durch höchstens doppelt so breite Thäler getrennt.

a. Elateren $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{4}$''' lang, beiderseits lang- und feinzugespitzt. Windungen unter 45° oder noch sanfter ansteigend, die hinteren Windungen deutlich durchscheinend.

α. Peridium nicht dünnhäutig, nicht reingelb, meist glanzlos. Heerdenweis. Capillitium nicht reingelb.

1) T. pyriformis Hoffm. An der Spitze des feinlängsrunzeligen dunkeln Stiels oft 2 oder 3 Kapseln gehäuft, Kapselwand aussen braun, sich unregelmässig in einzelnen Stücken ablösend, innen braunroth (mit dendritischen Zeichnungen). Capillitium zimmtbraun, rostbraun oder okergelb. Spitzen der Elateren glatt. Spiralwindungen 3, rechts.

2) T. fallax Pers. Kapsel auf dem Stiel stets einzeln, mennigroth, dunkelgelb oder schwarz*) (nicht braunroth), gegen den Stiel hin gefaltet, innen glatt oder zellig gezeichnet, ringsumschnitten — aufspringend. Capillitium blassgelb oder grünlichbraun. Die Spitzen der Elateren bis gegen das Ende hin spiralig gezeichnet. Windungen 3—4, rechts; Thäler meist sehr schmal, nicht breiter als die Leisten.

β. Peridium dünnhäutig, glänzend, gelb, Stiel dunkler**), runzelig. Meist unregelmässig aufspringend. Capillitium gelb, seltener okerfarbig.

3) T. clavata Pers., heerdenweise. Elateren einfach, mit undeutlicher Spiralzeichnung in den Spitzen. Windungen 3—4 (oder mehr?), meist rechts.

4) T. furcata Wgd., zerstreut. Elateren beiderseits gabel-

*) Zwar giebt Fries an, dass T. fallax bald mit glänzendem, bald mattem Peridium vorkomme, auch besitze ich aus guter Hand Exemplare mit glänzender Wand als „T. fallax". Gleichwohl glaube ich, da das Capillitium für T. fallax und clavata keine durchgreifenden Merkmale liefert, den wesentlichen Unterschied dieser beiden Species gerade in der Beschaffenheit des Peridiums in Beziehung auf Farbe Glanz und Consistenz (wohl in Uebereinstimmung mit Persoon) zu finden und führe die erwähnten Exemplare als T. clavata c auf.

**) Oder nach Fries nur an der Basis röthlich.

theilig mit deutlicher Spiralzeichnung bis in die Enden. Windungen 3, meist rechts. Leisten ziemlich stark erhaben. Sporen feinwarzig.

b. Elateren unübersehbar lang, stumpf endigend. Windungen steil d. h. unten mehr als 45° ansteigend. Capillitium okergelb. Peridium gelb, dünnhäutig, glänzend, Stiel gleichfarbig.

5) T. obtusa Wgd. Heerdenweise. Elateren einfach oder einfach-gabeltheilig. Sporen glatt.

2. Peridium sitzend oder auf kurzem, dickem Stiel, meist gelblich. Spiralwindungen meist 1 oder 2, rechts, häufig mit links wechselnd. Leisten schmal, durch ein breites Membranstück getrennt. Capillitium gelb, oker- oder rostfarbig.

a. Elateren mit dünner, deutlich abgesetzter glatter Spitze. Die Windungen durch bedeutende Ausweitung der Membran stark hervortretend, die hinteren nicht deutlich durchscheinend.

6) T. nigripes Pers. Meist heerdenweise. Peridium mit kurzem schwärzlichem Stiel oder sitzend. Elateren $\frac{1}{2}'''$ lang, ohne Auftreibung von der Spitze.

7) T. turbinata With. Peridien meist gehäuft, verkehrt-eiförmig, sitzend, okerfarbig, glänzend. Elateren $\frac{1}{3}$—$\frac{2}{3}'''$ lang, einfach, vor der Spitze oft blasig angeschwollen oder verbreitert, okergelb.

8) T. varia Pers. Peridien meist gehäuft, kugelig, meist sitzend, glanzlos. Elateren $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{3}'''$ lang, meist gabelig getheilt, vor der Spitze meist mit einer blasigen Erweiterung. Sporen mit einseitig verdickter Membran und dadurch excentrischer Höhle.

b. Elateren an den Enden abgerundet, ohne alle Zuspitzung, meist gabelig getheilt. Spiralwindungen sehr gestreckt, Leisten schmal, durch cylindrische, durchsichtige Membranstücke getrennt.

9) T. abietina Wgd. Peridien gehäuft oder zerstreut, keulenförmig, okergelb. Elateren circa $\frac{1}{5}'''$ lang, goldgelb.

B. Peridien dicht gedrängt, am Grunde untereinander verwachsen, mit gemeinschaftlichem Hypothallus*).

10) T. rubiformis Pers. Peridien nur am Grunde (mit den

---

*) In gewissem Sinne gehört hierher auch T. pyriformis mit verzweigten Stielen.

kurzen Stielen) zu einem dichten Rasen verwachsen, cylindrisch, dunkelstahlblau. Capillitium und Sporen braunroth. Elateren unübersehbar lang, mit einer dünnen, stumpfen, glatten Spitze, meist mit Stacheln besetzt. Windungen meist 2, rechts.

11) T. chrysosperma DC. Peridien rundlich sitzend, mit ihrer unteren Hälfte untereinander verwachsen, den Hypothallus dicht bedeckend, dünnwandig, glänzend, gelb. Capillitium goldgelb. Elateren zwischen $\frac{1}{20}'''$ und $\frac{1}{2}'''$ lang, ohne Zuspitzung oder mit einer bis drei kurzen, glatten, abgesetzten Spitzen. Windungen 2—5, meist rechts.

C. Peridien nicht gesondert, von unbestimmter Gestalt, wurmförmig kriechend oder in Form von netzförmigen Strängen, ohne Hypothallus. Gelb.

12) T. serpula Fr. Peridium und Inhalt gelb. Elateren sehr lang, mit kleinen Stacheln besetzt. Windungen 3—4, Leisten fein, wenig erhaben. Hintere Windungen durchscheinend. Sporen nur wenig dicker als die Elateren, stachelig-uneben.

Aus vorstehender Uebersicht ergiebt sich bereits, dass die genannten Species keineswegs alle von einerlei Rang sind. T. pyriformis, fallax, clavata, furcata und wahrscheinlich serotina unterscheiden sich fast nur durch die Farbe, Glanz, Consistenz der Peridienwand, während der Bau des Capillitiums im Wesentlichen so sehr übereinstimmt, dass die Unterschiede zwischen diesen Species kaum bedeutender sind als die Abweichungen unter den verschiedenen Formen innerhalb je einer dieser Arten. Noch mehr gilt diess für die Gruppe T. nigripes, turbinata, varia, für welche sogar die äusseren Merkmale jeder Schärfe entbehren, so dass, wie mir scheint, die einzelnen, z. B. innerhalb T. varia unterscheidbaren Formen mit demselben Rechte als ebenso viele Species getrennt werden können, wenn man nicht alle drei Species als eine einzige zusammenfassen will. Um nur einigermassen feste Anhaltspunkte zu finden und die bisherige Eintheilung vorläufig bestehen lassen zu können, war ich genöthigt, die bestehenden Diagnosen in einigen Punkten abzuändern, so z. B. für T. clavata die dünnhäutige, glänzende Peridienwand gegenüber T. fallax als Merkmal aufzustellen, trotzdem dass Fries auch für T. fallax glänzende Peridien constatirt, — ebenso für T. turbinata das glänzende Peridium zum Unterschied von T. varia geltend zu machen. Vor Allem müssen die Angaben über die Farbe des Peridiums und Capillitiums entweder

fallen gelassen oder weiter gefasst werden. Für T. clavata bin ich, um die Diagnose mit allen von mir untersuchten Exemplaren, die ich doch nach den übrigen Merkmalen nur als T. clavata bestimmen kann, in Einklang zu bringen, abweichend von Fries, welcher einen dem Peridium gleichfarbigen oder nur an der Basis röthlichen Stiel annimmt, genöthigt, den Stiel als der ganzen Länge nach schwärzlich aufzustellen. Bei einer solchen Verwirrung wie auf diesem Gebiete muss auch ein Verfahren, welches sonst eigenmächtig und unstatthaft wäre, zugelassen werden. Auf der anderen Seite sind die Species T. obtusa, abietina, rubiformis, chrysosperma in jeder Beziehung scharf charakterisirt. Es ergeben sich hiernach folgende, besonders durch den Charakter des Capillitiums, aber auch im äusseren Bau bestimmt unterschiedene Typen: 1) T. pyriformis, fallax, clavata, furcata; 2) T. obtusa; 3) T. nigripes, turbinata, varia; 4) T. abietina; 5) T. rubiformis; 6) T. chrysosperma; 7) T. serpula.

Eine Prüfung des vorhandenen Materials mit Berücksichtigung jener mikroskopischen Verhältnisse führt aber nicht bloss zu einer schärferen Charakteristik der bisher bekannten Species, sondern auch zu der Einsicht, dass unter den nach den bisherigen Diagnosen richtig bestimmten Species eine Menge weiterer bestimmt verschiedener Formen enthalten sind. Im Folgenden werde ich nicht nur die oben zusammengestellten Arten besonders in Beziehung auf den Bau des Capillitiums und der Sporen genauer beschreiben*), sondern auch diejenigen Formen nebeneinanderstellen, welche sich unter den mir bisher zugänglichen, an verschiedenen Orten und von verschiedenen Botanikern gesammelten Exemplaren als different herausgestellt haben. Die Unterschiede sind grossentheils so charakteristisch und für alle Elateren und Sporen sämmtlicher Peridien so durchgreifend, dass ich bezweifle, ob diese Formen bloss als individuelle Abänderungen oder nicht vielmehr als Subspecies oder selbst als Species zu betrachten sind. Darüber wird erst die weitere Beachtung dieses Gegenstandes und die Nachweisung, in wiefern jene Formen constant wiederkehren, entscheiden. Einstweilen habe ich mich, eingedenk der Warnung von E. Fries (syst.

*) Der Mangel an Gleichmässigkeit und Vollständigkeit in den nachfolgenden Beschreibungen hat seinen Grund darin, dass dieselben nur zur Ergänzung der vorhandenen Beschreibungen dienen sollen, zum Theil freilich auch in der Mangelhaftigkeit des Materials, welche mich verhinderte, manche Punkte festzustellen.

myc. III. 181.): „Cavendum, ne ex speciminibus tota morphosi non observata species fingantur“, beschieden, dieselben denjenigen der bisherigen Species, mit welchen sie dem allgemeinen Charakter am meisten übereinstimmen, unterzuordnen.

1) Tr. pyriformis Hoffm.

a. Peridium rundlich oder birnförmig, braun, an der Spitze des langen dunkleren Stiels häufig 2 oder mehrere Peridien gehäuft. Die Wand beim Oeffnen in mehrere hellberandete Lappen zerfallend. Die innere Peridienwand unter dem Mikroskop braunroth, mit feiner gestrichelter Zeichnung. Elateren (Tab. I. 12.) zimmtbraun, einfach, $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{4}$''' lang, $\frac{1}{500}$''' dick, Zuspitzung in eine stets einfache, etwas abgesetzte, circa $\frac{1}{40}$''' lange, dünne, ziemlich glatte, gerade Spitze. Der ganze Faden gewöhnlich etwas schlängelig. Spiralwindungen 3, rechts. Thäler etwa so breit oder breiter als die Leisten, hintere Windungen deutlich durchscheinend. Sporen (Tab. I. 12.) zimmtbraun, kugelig, $\frac{1}{120}$''' dick, fast glatt, derbwandig, mit einem Kern.

b. Peridium wie bei a. Elateren (Tab. I. 13.) okerfarbig, zuweilen in 3 Aeste getheilt, die Enden in eine lange, glatte, wellig gebogene Spitze allmählich und sehr spitz ausgezogen. Leisten abgerundet, etwas breiter als die Thäler. Sporen wie bei a.

c. Stiel und Hypothallus dunkelbraunroth. Peridium länglich, fast schwarz, matt. Capillitium dunkelrostbraun. Zuspitzung der Elateren wie bei a, die Spitze stark hin- und hergebogen.

2) T. fallax Pers.

a. Peridium birnförmig, knorpelig, theils mennigroth, theils schwarz, der Stiel gleichfarbig, gefaltet. Innere Peridienwand mit scharfer zelliger Zeichnung, der parenchymatischen Sporenmasse entsprechend. Elateren (Tab. I. 14.) blassgelb, $\frac{1}{6}$''' lang, $\frac{1}{350}$''' dick, an den Enden oft gabeltheilig, die Schenkel gegen die Spitze hin mit verschwindender Spiralzeichnung. Zuspitzung sehr fein. Windungen 3—4, rechts. Wälle abgerundet, Thäler ganz schmal, hintere Windungen durchscheinend. Sporen (Tab. I. 14.) zum Theil parenchymatisch zusammengedrängt, aber wenn frei: immer unregelmässig-rundlich, glatt, derbwandig, ohne Kern, $\frac{1}{200}$''' dick.

b. Elateren (Tab. I. 15.) $\frac{1}{6}$''' lang, $\frac{1}{440}$''' dick, einfach, beiderseits in eine circa $\frac{1}{20}$''' lange, häufig plötzlich abgesetzte und alsdann meist kniëartig gebogene, sehr dünne, fein ausgezogene,

wellig gekrümmte, in ihrem letzten Verlaufe ganz glatte Spitze endigend. Windungen 3, rechts. Wälle und Thäler gleich breit, erstere abgerundet, nicht stark erhaben, in die Thäler sanft abgedacht; hintere Windungen sehr deutlich durchscheinend. Sporen (Tab. I. 15.) rundlich (undeutlich-polyedrisch), $\frac{1}{220}'''$ dick, glatt, derbwandig, ohne Kern.

c. Elateren $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}'''$ lang, $\frac{1}{450}'''$ dick, lang- und gleichmässig zugespitzt.

d. Peridien birnförmig, frisch mennigroth, trocken graulichgelb oder schwarz, matt (oder glänzend), der Stiel dunkler, gefaltet, lang. Innere Peridiumwand glatt, ohne Zeichnung. Capillitium grünlich-gelbbraun. Elateren $\frac{1}{5}'''$ lang, $\frac{1}{500}'''$ dick, lang- und allmählich-zugespitzt oder mit, jedoch nur undeutlich, abgesetzter und geknieter, etwas welliger, am äussersten Ende ganz glatter Spitze. Windungen meist 4, zuweilen 5, rechts. Wälle abgerundet, wenig erhaben, etwa so breit als die Thäler. Hintere Windungen durchscheinend. Sporen rundlich, $\frac{1}{220}'''$ dick, mit körniger Oberfläche.

e. Eine abweichende Form beschreibt Corda (Ic. IV. p. 34.) als T. fallax. Elateren goldgelb, gleichmässig zugespitzt, vielspirig. Sporen im trocknen Zustand weberschiffförmig zusammengefaltet, blassgelblich, durchsichtig, mit deutlichem Kern.

3) T. clavata Pers.

a. Peridium mit zarter, gelber, glänzender Wand und langem, deutlich abgesetztem dunklerem Stiel. Elateren (Tab. II. 1.) gelb, $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{4}'''$ lang, $\frac{1}{300}'''$ dick, einfach, lang- und gleichmässig zugespitzt, die langen Spitzen mit undeutlicher Spiralzeichnung. Windungen 3, sanft ansteigend, meist rechts, die hinteren deutlich durchscheinend. Wälle sehr wenig erhaben, schmal, etwa halb so breit als die Thäler. Sporen (Tab. I. 16.) kugelig oder meist spindelförmig, dünnwandig, glatt, grösster Durchmesser $\frac{1}{150}'''$.

b. Peridium fast regelmässig ringsumschnitten mit glänzender, blassgelblicher, dünnhäutiger, an der Basis etwas gefalteter Wand und langem, dunklerem Stiel. Capillitium okerfarbig. Elateren (Tab. II. 2.) einfach, $\frac{1}{150}'''$ lang, $\frac{1}{7}$—$\frac{1}{4}'''$ dick, allmählich oder in eine etwas abgesetzte circa $\frac{1}{20}'''$ lange Spitze sehr fein zugespitzt; die Spitze undeutlich-spiralig gezeichnet, zuletzt glatt, etwas hin- und hergebogen. Windungen 4, meist rechts, stellenweise auch links. Leisten rund, etwas breiter als die Thäler, sehr

wenig erhaben. Hintere Windungen durchscheinend. Sporen (Tab. II. 2.) kugelig, $\frac{1}{220}'''$ dick, derbwandig, feinwarzig. (Diese von Ratzeburg gesammelte und als T. serotina Schrad. im Rudolphi'schen Herbarium befindliche Form glaube ich wegen des zartwandigen, blassen, glänzenden Peridiums zu T. clavata ziehen zu müssen, obgleich sie andererseits in der Farbe und Bildung der Elateren der T. fallax näher steht, wie sie denn auch gemeinschaftlich mit diesen beiden Species heerdenweise auf faulem Holz gefunden wurde.)

c. Peridium dünnwandig, blass, glänzend, der Stiel lang, schwärzlich. Innere Fläche der Peridienwand glatt oder mit schwacher, zelliger Zeichnung. Capillitium okerfarbig. Elateren (Tab. II. 3.) $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{4}'''$ lang, $\frac{1}{400}'''$ dick, einfach, etwas hin- und hergebogen, in eine $\frac{1}{20}'''$ lange, deutlich abgesetzte, an dieser Stelle knieförmig gebogene, fast bis ans äusserste Ende mehr oder weniger deutlich spiralig gezeichnete, fein ausgezogene Spitze endigend. Windungen meist 4 (oder 3), rechts, als scharfe Leisten hervortretend, durch gleichbreite oder breitere Thäler getrennt; die hinteren Windungen durchscheinend. Sporen (Tab. II. 3.) okerfarbig, rundlich, $\frac{1}{200}'''$ dick, glatt, derbwandig, mit einem Kern.

d. Die von Corda („Ueber Spiralfaserzellen") als T. clavata abgebildete Form unterscheidet sich von den 3 oben beschriebenen durch die nicht lange Zuspitzung der Elateren und durch die 6—7 (nach der Abbildung 5) Windungen.

4) T. furcata Wgd.

Peridien zerstreut, kugelig oder oval, in einen bald längeren, bald kürzeren Stiel entweder scharf abgesetzt oder keulenförmig in denselben verschmälert, an der Spitze zuweilen mit einem Umbo; hellbraun oder gelb, glänzend; der Stiel mit weiten Längsfalten (Tab. I. 2., 4., 6., 8.), braun; die Wand nach oben dünn, gegen den Stiel hin sehr derb (circa $\frac{1}{300}'''$ dick), bald unregelmässig, bald scharfumschnitten aufspringend. Elateren (Tab. I. 10.) gelbbraun, $\frac{1}{7}$—$\frac{1}{5}'''$ lang, $\frac{1}{360}'''$ dick, vielfach gekrümmt, beiderseits in 2 (seltener 3) bald kürzere, bald längere, zuweilen $\frac{1}{4}$ der Gesammtlänge betragende, gleichmässig lang und fein zugespitzte Aeste gabelig (zuweilen wiederholt) gespalten, zuweilen unverzweigt. Spiralzeichnung deutlich bis in die feine Spitze. Windungen 3, rechts, seltener links, sanft (unter weniger als 45°) ansteigend, in abnormen Fällen in Ringform übergehend. Wälle weniger breit als die

Thäler, abgerundet, aber ziemlich stark hervortretend, die hinteren Windungen deutlich durchscheinend. Sporen (Tab. I. 10.) kugelig, etwas polyedrisch, $\frac{1}{180}$‴ dick, derbwandig, mit feinwarziger Oberfläche.

Diese der T. clavata am nächsten verwandte, von derselben eben durch die zerstreuten Peridien, vor Allem durch die Gabeltheilung der Elateren unterschiedene Species fand ich wiederholt auf Blumentöpfen mit Heideerde und keimenden Farnkräutern, und zwar theils auf kleinen Holzresten, theils auf den Farnvorkeimen, theils aber auch unmittelbar auf der Erde wachsend. Ich charakterisire sie kurz durch folgende Diagnose:

„Trichia furcata Wgd. Peridiis sparsis, globosis vel clavatis, flavis, nitentibus, stipite plicato fusco, capillitio sporidiisque flavo-fuscis, elateribus circa $\frac{1}{8}$‴ l., saepissime utrinque furcatis, gyris ternis, dextrorsis, sensim adscendentibus, prominentibus, angustis; sporidiis rotundis scabris.“

5) T. obtusa Wgd.

Peridien heerdenweise, verkehrteiförmig, glänzend, gelb, mit dunklerem Stiel. Capillitium okerfarbig. Elateren (Tab. II. 4.) $\frac{1}{380}$‴ dick, unübersehbar lang (über $\frac{1}{2}$‴), durcheinander geschlungen, zuweilen einfach-gabelig getheilt, mit stumpfer runder Spitze ohne alle Verschmälerung endigend. Windungen 3—4, rechts, steil (unter mehr als 45°) ansteigend. Wälle dunkel, schmal, die Thäler hell, etwa doppelt so breit. Die hinteren Windungen nur undeutlich durchscheinend. Sporen (Tab. II. 4.) hellgelb, kugelig, $\frac{1}{270}$‴ dick, dünnwandig, sehr feinwarzig.

Diese Form befindet sich als T. clavata im Senkenbergischen Herbarium und ist unter demselben Namen in Becker's Flora von Frankfurt (2. Abth. Nr. 1171.) in folgender Weise beschrieben: „gesellig, gelb, glänzend, ziemlich gross, Hülle keulenförmig, Stiel schlank, runzlich, röthlich gelb, jung flüssig, hochroth.“ Obgleich dieselbe den äusseren Merkmalen nach vollkommen mit T. clavata übereinstimmt, glaube ich sie doch wegen der höchst abweichenden Bildung des Capillitiums als eigene Species trennen zu müssen mit folgender Diagnose:

„T. obtusa Wgd., gregaria, peridiis obovatis flavis nitententibus, stipite fusco, capillitio ochraceo, elateribus longissimis obtuse desinentibus; gyris 3—4, dextrorsis sub angulo 45° vel majori adscendentibus, angustis; sporidiis flavis globosis subscabris.“

6) T. nigripes Pers.

a. Peridien heerdenweise, glänzend, zartwandig. Capillitium oker- oder rostfarbig. Elateren (Tab. II. 5 a.) sehr schlank, vielfach gewunden, $\frac{1}{2}$''' lang, $\frac{1}{440}$''' dick, einfach oder zuweilen gabeltheilig, Spitze deutlich abgesetzt, glatt, gerade, 2—3mal so lang als die Fadendicke. Windungen 2 oder 1, die Richtung an einem und demselben Faden rechts und links wechselnd. Spiralleisten schmal, etwa 6mal so schmal als die gegenseitige Entfernung, stark vortretend, nach der einen Seite sanft, nach der andern steil abfallend, wodurch die einzelnen Windungen wie ineinandergesteckte Trichter und die Ränder des Fadens treppenartig gezahnt erscheinen. Die Membran zwischen den Leisten dünn, ziemlich durchsichtig. An den gekrümmten Stellen ist der convexe Rand meist eben. Sporen (Tab. II. 5 a.) kugelig, $\frac{1}{185}$''' dick, glatt.

b. Peridium ohne Hypothallus, heerdenweise oder gehäuft, keulenförmig oder meist kreissel- oder birnförmig, in der Mitte etwas verengt, goldgelb oder röthlichbraun, nicht glänzend. Wand sehr dick und hornartig fest; bald sitzend, bald in einen dicken, dunkelbraunen oder schwärzlichen Stiel verschmälert. Elateren goldgelb, übrigens fast ebenso wie a. Sporen (Tab. II. 5 b.) etwas kleiner als bei a ($\frac{1}{200}$'''). — Diese von Ratzeburg als T. clavata gesammelte Form glaube ich trotz der anderen Vertheilung der Peridien, der derben, glanzlosen Membran und der abweichenden Farbe, wegen der grossen Uebereinstimmung im Bau des Capillitiums und wegen des andersfarbigen Stiels unter T. nigripes stellen zu müssen, obgleich sie sich andererseits besonders durch die gehäuften, zum Theil sitzenden Peridien auch der folgenden Species anschliesst, mit deren Diagnose (nach Fries) freilich auch wieder das goldgelbe Capillitium jener in Widerspruch steht.

7) T. turbinata With.

Peridien gehäuft, sitzend, glänzend, okerfarbig, zartwandig, ohne Hypothallus. Capillitium okergelb, eine schwer zu entwirrende Wolle. Elateren $\frac{1}{3}$—$\frac{2}{3}$''' lang, $\frac{1}{580}$—$\frac{1}{470}$''' dick, einfach. Zuspitzung abgesetzt, oft an dieser Stelle kugelig aufgeblasen oder verbreitet, Spitze dünn, etwa 4mal so lang als die Fadendicke ($\frac{1}{100}$'''), meist schief und unregelmässig verbogen, ganz oder fast glatt. Windungen meist 2, zuweilen an demselben Faden 1, stellenweise auch 3, überwiegend rechts, aber an demselben Faden mit

links wechselnd. Spiralleisten etwas weniger erhaben, weniger entfernt, die hinteren Windungen fast nicht durchscheinend, übrigens in dem Charakter der Schraubenbildung mit T. nigripes übereinstimmend. Sporen unregelmässig rundlich oder länglich, $\frac{1}{165}'''$, glatt.

8) T. varia, Pers.

a. Peridien gehäuft, sitzend, zimmtbraun, matt, dünnhäutig, unregelmässig aufspringend (im unreifen Zustand getrocknet knorpelig). Capillitium hochgelb. Elateren (Tab. II. 7.) $\frac{1}{4}'''$ lang oder kürzer, $\frac{1}{350}'''$ dick, einfach (ausnahmsweise mit 2 Gabelspitzen), gegen beide Enden hin meist etwas aufgeblasen und danach mit einer dünnen, hin- und hergebogenen Spitze endigend; die blasenartige Erweiterung, sowie die Spitze schwach-spiralig gezeichnet. Windungen 2, selten 1, überwiegend rechts (zuweilen an demselben Faden mit links wechselnd). Die Windungen entstehen vorzugsweise durch Ausweitung der Zellenwand nach dem Lauf einer Spirale, nur wenig oder gar nicht durch secundäre Verdickung, daher dieselben stark hervortretend, und zwar besonders auf einer Seite, nämlich bei Krümmungen an der convexen Seite, während die andere mehr eben ist, meist steil ansteigend und daher die benachbarten Gänge weit von einander entfernt. Die Membran zwischen je 2 Windungen nach einer Seite hin trichterförmig erweitert, gelb, dünn, aber wenig durchscheinend. Hier und da auch im Verlauf des Fadens eine blasenartige Anschwellung wie an den Enden. Sporen kugelig, $\frac{1}{185}'''$ dick, glatt, die Wand an einer Seite sehr verdickt, in der Mitte ein Kern.

b. Peridien klein, kugelig, sitzend, gehäuft, knorpelig (vielleicht nur im unreifen Zustand), blassgelb oder weiss. Die Membran beim Aufweichen lederartig, sehr dick, auf der innern Fläche mit eigenthümlicher Zeichnung. Der Inhalt farblos, grösstentheils aus formlosen Stoffen, besonders Oel. Elateren (Tab. II. 8.) $\frac{1}{360}'''$ dick, $\frac{1}{4}'''$ lang oder kürzer, einfach, an dem einen Ende zu einer ovalen Blase aufgetrieben (stärker als bei a) und dann in eine dünne schlängelige Spitze endigend; Blase und Spitze ohne Spiralzeichnung. Windungen bald 1, bald 2, bald rechts, bald links, an einem Faden wechselnd (keine der beiden Zahlen und Richtungen entschieden vorherrschend), steil, weit von einander entfernt. Die Windungen wenig erhaben, wohl nur durch Ausweitung entstanden, die Membran zwischen je 2 Gängen farblos, zart, aber

wenig durchsichtig, etwas rinnenförmig, nicht trichterförmig wie bei a. Zuweilen sind die Elateren mit sehr langen Stacheln besetzt. Sporen wie bei *a*.

c. Peridien bündelweise, sitzend, braungelb, matt*). Capillitium okergelb. Elateren (Tab. II. 9.) $\frac{1}{4}$''' lang und kürzer, $\frac{1}{440}$''' dick, einfach oder zuweilen einfach-verzweigt. Zuspitzung länglich, etwas gebogen, glatt, gewöhnlich mit einer kugeligen Anschwellung unter der Spitze. Windungen 2, meist links, unter etwas mehr als 45° ansteigend, als scharfe, helle, wenig erhabene Leisten zwischen den dunkeln hohlen Thälern, Membran sehr durchscheinend. Der gekrümmte Faden an der concaven Seite meist mehr eben als an der convexen. Sporen (Tab. II. 9.) undeutlich-polyedrisch, $\frac{1}{220}$ bis $\frac{1}{165}$''' dick, glatt, mit einer glashellen Substanz ganz ausgefüllt.

d. Peridien kugelig, sitzend, zu grösseren oder kleineren dichten Heerden zusammengedrängt, einander berührend oder zuweilen je 2 zusammenfliessend, alsdann „nierenförmig", okergelb (wie auch der Inhalt), Oberfläche glanzlos. Elateren (Tab. II, 10.) $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{3}$''' lang, $\frac{1}{490}$''' dick, einfach, zuweilen verzweigt, unter der Spitze etwas aufgeblasen und dann mit einer glatten hin- und hergebogenen Spitze endigend. Windungen 2, zuweilen 1, vorherrschend rechts, zuweilen an demselben Faden mit links wechselnd, unter 45° und mehr ansteigend. Wälle stark hervortretend, viel schmaler als die stark eingezogenen Thäler; an den gekrümmten Stellen ist der Faden an der concaven Seite meist eben. Hintere Windungen nicht durchscheinend. Sporen (Tab. II. 10.) kugelig, $\frac{1}{165}$''' dick, glatt, häufig der Länge nach gefaltet oder napfförmig eingedrückt, innerhalb der dünnen Membran mit einer glashellen, farblosen, dicken Schicht ausgekleidet, so dass nur eine ziemlich kleine, etwas excentrische Höhle bleibt.

e. Eine andere Form unterscheidet sich von *d*. nur durch grössere, dunklere, in kleinen Gruppen gehäufte Peridien und ein etwas dunkleres Capillitium.

9) T. abietina Wgd.

Peridien zerstreut oder gruppirt, keulenförmig, hellokergelb, später gänzlich zerstört und das goldgelbe Capillitium mit den Sporen zurücklassend. Elateren (Tab. II. 11.) circa $\frac{1}{6}$''' lang, $\frac{1}{400}$

*) nicht glänzend, wie in Becker's Flora von Frankfurt, II. Nr. 1176., von der vorliegenden Form angegeben wird.

bis $\frac{1}{350}'''$ dick, selten einfach, meistens einmal oder wiederholt gabelig getheilt, an den Enden abgerundet, wenig oder gar nicht verschmälert, die Spiralwindungen bis in die Spitze verlaufend. Windungen rechts (selten links), 1 oder 2, an einem Faden vielfach wechselnd, indem sich die Leiste der einfachen Windung in 2 parallel und nahe nebeneinander verlaufende Leisten spaltet, die sich oft nach kürzerem Verlaufe wieder zu einer einfachen Leiste vereinigen u. s. f., seltener 3 Windungen; hier und da ist die Schraubenbildung durch einzelne Ringe unterbrochen. Die Windungen meist sehr gestreckt, steil, so dass die schmalen aber deutlich hervortretenden, verdickten Leisten durch ein meist $\frac{1}{200}'''$ breites Stück der dünnen, ganz durchsichtigen, rein cylindrischen Membran verbunden sind. (Einmal beobachtete ich ein zu einem engmaschigen Netz verzweigtes Stück des Capillitiums, entsprechend den Arcyriae). Sporen (Tab. II. 11.) kugelig, $\frac{1}{220}'''$ dick, mit feinkörniger Oberfläche.

Ich fand diese Species an der Rinde lebender Stämme von Abies pectinata im Thüringer Walde im Herbst 1853 und definire sie folgendermassen:

„Trichia abietina Wgd. Peridiis sparsis vel congestis, clavatis, ochraceis, demum evanescentibus; capillitio sporidiisque aureis; elateribus circa $\frac{1}{5}'''$ longis, $\frac{1}{400}-\frac{1}{350}'''$ crassis, dichotomis, apice obtusis, 1—2 spiris, spiris dextrorsis elongatis; membrana lata pellucida, cylindrica conjunctis. Sporidiis $\frac{1}{220}'''$ crassis, globosis, subgranulatis.“

10) T. rubiformis Pers.

a. Peridien cylindrisch, mit der Basis oder den sehr kurzen Stielen verwachsen und zu einem Haufen dicht zusammengedrängt, zuweilen der ganzen Länge nach verwachsen, dunkelstahlblau, etwas glänzend. Gemeinschaftlicher Hypothallus bleibend, braunroth. Capillitium braunroth, beim Oeffnen als langer cylindrischer Strang herausschnellend. Elateren einfach*), vielfach durcheinandergeschlungen, unübersehbar lang (über 2'''), $\frac{1}{440}'''$ dick. Zuspitzung mit einer geraden, zum Theil schlängelig gebogenen, zuweilen schiefen, glatten (nicht bedornten) Spitze (Tab. II. 12.). Spiralwindungen meist 2 (oder 3), rechts. Leisten wenig erhaben, abgerundet, von gleicher Breite wie die rinnenförmigen Thäler; hintere Windungen deutlich durchscheinend. Die Elateren mit

*) sollen sich nach Bonorden an der Basis in zwei Aeste theilen.

senkrecht-abstehenden farblosen Stacheln (meist kürzer als die halbe Dicke des Fadens) besetzt; (eine bestimmte Anordnung namentlich in Beziehung zu den Spiralleisten kann ich nicht erkennen). Sporen zweierlei, die einen gelb, elliptisch, der Länge nach gefaltet, $\frac{1}{220}'''$ lang, $\frac{1}{320}'''$ breit, glatt, — die anderen (Brutkörner?) mit dem Capillitium gleichfarbig, kleiner, kugelig, warzig oder stachelig.

Andere Exemplare von einem verschiedenen Fundort fand ich etwas abweichend: Elateren $\frac{1}{340}'''$ dick, die Stacheln meist länger als die halbe Fadendicke; Sporen kugelig, etwas dunkler, mehr derbwandig, $\frac{1}{264}'''$ dick, die zweite Art nicht bemerkt.

b. Die von Corda (Icones fungorum I. p. 23, Tab. VI. Fig. 288.) als T. rubiformis beschriebene Art soll glatte Elateren und Sporen, vielspirige (nach der Abbildung 4spirige) Windungen (und zwar nach der Abbildung links gewunden) haben.

c. Ferner unterscheidet Corda davon eine andere Form als eigene T. Neesiana (T. rubiformis Nees. syst. tab. X. Fig. 112a, b.) mit stacheligen Elateren und rauhen Sporen, erstere angeblich vielspirig, nach Corda's Figur 2spirig und rechtsgewunden.

d. Bonorden (Handb. der allg. Mykologie p. 217) giebt für T. rubiformis Elateren ohne Spiralfasern, dagegen mit spiralig gestellten Stacheln an, was freilich eine sehr auffallende Form dieser Species wäre und wohl verdiente, als eigene Art getrennt zu werden.

11) T. chrysosperma DC.

Der allgemeine Charakter dieser Species beruht in folgenden Merkmalen. Das ausgezeichnetste ist die Bildung der Peridien; dieselben sind wenigstens bei denjenigen Formen, welche ich in vollständigen Exemplaren zu beobachten Gelegenheit hatte, nicht nur wie bei den fünf vorhergehenden Species vollkommen ungestielt, sondern gleichsam in den Hypothallus eingesenkt und in dem Grade zusammengedrängt, dass die untere Hälfte ihrer Wandung durch die bienenzellenartigen Aushöhlungen, welche der Hypothallus auf seiner Oberseite bildet, und deren Wände einfach, d. h. je zweien benachbarten Zellen gemeinschaftlich gehören, dargestellt wird. Die Wand ist meist gelblich weiss, glänzend, dünnhäutig, leicht verschwindend, das Capillitium, wie es scheint, immer goldgelb. In dem Bau des letzteren ist für unsere Species zunächst die Zuspitzung der Fäden charakteristisch, welche trotz

aller Mannigfaltigkeit bei sämmtlichen Formen gegenüber anderen Arten darin übereinstimmt, dass die Elateren entweder stumpf oder mit einer oder zwei bis drei bestimmt abgesetzten kurzen glatten Spitzen endigen. Die Richtung der Schraubenbildung ist fast ausnahmslos rechts; die Zahl der Windungen meistens 2 oder 3, in der Regel nicht steiler als unter 45° ansteigend und, was damit zusammenhängt, die benachbarten Schraubengänge genähert, so dass die trennenden Thäler nicht beträchtlich breiter als die Wälle sind und der ganze Faden eine cylindrische Form besitzt. Die Membran ist (etwa mit Ausnahme von *d.* und *e.*) so durchscheinend, dass die hinteren Windungen sich bei oberflächlicher Betrachtung mit den vorderen zu durchkreuzen scheinen.

Abgesehen von diesen allgemeinen Merkmalen treten innerhalb unserer Species, namentlich in Beziehung auf die Länge der Elateren, die Art ihrer Zuspitzung, die Zahl und Form der Windungen, sowie in der Gestalt der Sporen bedeutende Verschiedenheiten auf und zwar in der Art, dass unter sämmtlichen Elateren und Sporen je eines Peridiums und unter allen Peridien eines Vorkommens in den genannten Beziehungen eine grosse Beständigkeit herrscht. Demnach ergiebt sich eine Reihe bestimmt von einander zu unterscheidender Formen, von denen ich bis jetzt folgende beobachtet habe.

a. Peridien kugelig, hellgelb, glänzend, dünnwandig. Elateren (Tab. II. 13.) goldgelb, $\frac{1}{20}$—$\frac{1}{8}$''' lang, $\frac{1}{500}$''' dick oder noch dünner, einfach oder meist verzweigt, und zwar entweder einfach-gabeltheilig oder mit mehreren vom Hauptfaden abgehenden Aesten (c,d.), sogar mit Andeutungen von Anastomosen (a.). Die Enden abgerundet oder mit 1 oder häufiger mit 2 kurzen abstehenden Zähnen (ee.) plötzlich schliessend. Windungen 2, seltener 3, meist rechts, sehr wenig erhaben, fast nur als zarte Linien erscheinend, zuweilen als deutliche Ausweitungen; hintere Windungen durchscheinend; an manchen Stellen ganz ohne Spiralzeichnung, an anderen Stellen mit ringförmigen Erhabenheiten. Die Membran der Fäden derb. Sporen (Tab. II. 13f.) polyedrisch, $\frac{1}{165}$''' dick, mit dunkelgelber derber Wand, warziger Oberfläche und centralem Kern.

b. Elateren (Tab. II. 14.) zum Theil, alsdann aber nur einmal verzweigt, sehr lang und dünn, stark verbogen und zu einer Wolle durcheinander geschlungen, gelb ins Zimmtbraune. Zuspitzung mit 1, 2 oder 3 glatten, plötzlich abgesetzten, schief gestellten oder

hakenförmig rückwärts gerichteten Spitzen (b—g.). Windungen meist 2, Spiralleisten stark erhaben, dunkel, die Membran zwischen denselben hellgelb, durchsichtig. Sporen rundlich (?), $\frac{1}{200}'''$, derbwandig, uneben.

c. Peridien mit glänzender, heller, zarter Membran. Capillitium dunkel-goldgelb. Elateren (Tab. II. 15.) $\frac{1}{5}'''$ lang oder kürzer, bis $\frac{1}{15}'''$, $\frac{1}{450}'''$ dick oder noch dünner, einfach, etwas holperig verbogen. Zuspitzung (c, d, e.) mit einer kurzen, glatten, schief, rechtwinkelig oder widerhakenförmig gestellten Spitze, oft ausserdem nach der andern Seite mit 1 oder 2 kleineren Spitzen; das Ende des Fadens in diesen Fällen ganz stumpf abgeschnitten. Windungen 2 oder noch häufiger 3, rechts, unter circa 45° ansteigend, als erhabene Leisten, etwa von der Breite der Thäler. Sporen (b.) rundlich, $\frac{1}{220}'''$ dick, derbwandig, mit körniger Oberfläche, ohne Kern. — Auf einem Moosstengel und auf Holz zugleich mit T. pyriformis.

d. Elateren (Tab. II. 16.) goldgelb, circa $\frac{1}{2}'''$ lang, $\frac{1}{280}'''$ dick, vielfach verschlungen, kurz und scharf zugespitzt mit etwas vorgezogener und schiefer Spitze. Windungen 4—5, rechts, unter etwas mehr als 45° ansteigend. Wälle scharf hervortretend, schmal, kaum halb so breit als die Thäler; hintere Windungen nicht sehr deutlich durchscheinend. Sporen (Tab. II. 16.) deutlich polyedrisch, $\frac{1}{180}'''$ dick, glatt.

e. Hypothallus auf der unteren Fläche glatt und glänzend, auf der oberen mit halbkugeligen Peridien nach der Art des oben beschriebenen allgemeinen Charakters bedeckt und nach dem Aufbrechen mit einem wabenförmigen Ansehen. Capillitium goldgelb. Elateren (Tab. II. 17.) circa $\frac{1}{3}'''$ lang, $\frac{1}{300}'''$ dick, einfach, vielfach verschlungen, von etwas holperigem, unregelmässig hin und her gebogenem Verlaufe; Zuspitzung (a, b.) mit einer kurzen, glatten, geraden oder häufiger rechtwinkelig abstehenden oder zwei solcher Spitzen. Windungen 3, rechts, von etwas ungleichmässigem Verlaufe, bald mehr gedrängt, bald weitläufiger, bald mehr, bald weniger steil, Steigungswinkel meist weniger als 45°. Leisten erhaben, schmal im Vergleich zu den Thälern, welche an verschiedenen Stellen von ungleicher Breite sind. Die nicht durchsichtige Membran ausserdem mit einem zweiten, die Hauptspirale fast rechtwinkelig durchkreuzenden feineren spiraligen Leistensystem gezeichnet (vergl. oben pag. 14). Sporen (c.) deutlich polyedrisch

(mit 6seitigem Umriss), mit einer derben Membran und farblosen Aussenschicht, $\frac{1}{166}'''$ dick*).

f. Peridienbildung nebst dem Hypothallus übereinstimmend mit dem oben angegebenen allgemeinen Charakter, die Membran blassgelb, glänzend, dünnwandig. Capillitium goldgelb. Elateren (Tab. III. 1.) $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}'''$ lang, $\frac{1}{450}'''$ dick, einfach, wenig verschlungen, fast gerade, holperig, beiderseits mit einer kurzen (etwa so lang als der Durchmesser des Fadens), scharfen, einfachen, geraden Spitze oder abgerundet und mit 1—2 aufgesetzten feinen Spitzen endigend (a, c.). Windungen 2, zuweilen 3, rechts, sanft ansteigend. Leisten wenig erhaben, aber scharf und schmal (etwa so breit als die Thäler), zuweilen mit kleinen Stacheln besetzt; die hinteren Windungen deutlich durchscheinend. Sporen (b.) kugelig oder undeutlich-polyedrisch, oft durch Faltung länglich, $\frac{1}{220}'''$ dick, derbwandig, gelb, mit dichtwarziger Oberfläche.

g. Elateren (Tab. III. 2.) wie bei *f.*, aber mit meist 3 Windungen, feineren, weniger hervortretenden Leisten, daher an den Rändern fast eben, stellenweise kugelig angeschwollen, ohne Stacheln, sehr biegsam, stark verschlungen, zuweilen gabelig getheilt. Sporen (b.) stets rund, derbwandig, mit etwas rauher Oberfläche.

h. Elateren (Tab. III. 3.) wie bei *f.*, aber mit 3 Windungen und schärfer hervortretenden Leisten, so dass die Ränder des Fadens deutlich gezahnt erscheinen, regelmässig mit feinen Stacheln besetzt. Sporen (Tab. III. 3.) feinstachelig, sonst wie *f.*

i. Hypothallus und Peridien nach dem allgemeinen Charakter. Capillitium goldgelb. Elateren (Tab. III. 4.) $\frac{1}{5}'''$ lang, einfach, gleichmässig (nicht holperig) gebogen, nicht stachelig, in einer kurzen, glatten, etwas ausgezogenen Spitze endigend. Windungen 3, rechts; die Leisten wie die Thäler schmal, scharf, aber wenig erhaben, so dass die Ränder des Fadens ziemlich eben erscheinen. Die hinteren Windungen durchscheinend. Sporen (Tab. III. 4.) kugelig, $\frac{1}{165}'''$ dick, auf der Oberfläche mit stumpfen Warzen besetzt.

---

*) Es ist dies die Varietät, welche Rudolphi, Linnaea 1829 p. 119, erwähnt mit der Bemerkung, dass sie sich durch dunkle, glanzlose Peridien unterscheide. An den von mir untersuchten, von Rudolphi auf faulen Stöcken bei Maria-Plauen gesammelten und von ihm selbst als „T. nitens var. (Linnaea 1829 p. 119)" bezeichneten Exemplaren finde ich jedoch die Wand des Peridiums gerade wie bei den gewöhnlichen Formen dünnhäutig, blass und glänzend.

k. Hypothallus und Peridien wie oben, letztere jedoch dunkelbraun, glänzend, dünnwandig. Capillitium und Sporen goldgelb, etwas orange. Elateren (Tab. III. 5.) $\frac{1}{15}$—$\frac{1}{5}$''' lang, $\frac{1}{350}$''' dick, einfach, in eine ausgezogene, etwas verbogene Spitze endigend. Windungen meist 4, rechts, unter 45° ansteigend. Leisten schmal (schmaler als die Thäler), stark vortretend, aber nicht verdickt, sondern wie die ganze Membran deutlich die hinteren Windungen durchscheinen lassend. Sporen (Tab. III. 5.) rund, zum Theil durch Längsfaltung länglich, $\frac{1}{200}$''' dick, glatt, derbwandig.

l. Eine weitere abweichende Form scheint die von Corda (Ueber Spiralfaserzellen, 1837) abgebildete T. chrysosperma mit 10 bis 11 Windungen und mit bis in die Spitze auslaufender Spiralzeichnung zu sein.

m. Davon unterscheidet sich die ebendaselbst dargestellte T. nitens durch verzweigte Elateren, mit mehr als 10 Windungen und glatter Spitze.

Die im Vorstehenden aufgeführten Verschiedenheiten sind zum Theil bedeutend, zum Theil freilich sehr gering, aber auch alsdann durch ihre scharfe Ausprägung und Bestimmbarkeit ausgezeichnet. Ob dieselben zur Aufstellung ebenso vieler Species berechtigen, muss davon abhängen, ob sie in gleicher Weise wiederkehrend in Zukunft beobachtet werden. Bis dahin mögen sie als Formen unter einer Species stehen bleiben, welche letztere demnach durch ihren Polymorphismus merkwürdig ist. — Ueberblicken wir endlich noch einmal diejenigen Puncte, auf welche sich die Unterschiede zwischen den oben beschriebenen Formen beziehen.

In der Länge der Elateren variiren die verschiedenen Formen zwischen $\frac{1}{20}$''' und $\frac{1}{2}$''', bei den meisten sind dieselben einfach, bei einigen (z. B. *a. b. m.*) überwiegend oder regelmässig verzweigt. In der Art der Zuspitzung kommen hauptsächlich folgende Fälle vor: 1) der Faden endigt mit einer kurzen, geraden Spitze (d. h. deren Axe die Richtung des Fadens hat, deren Seitenlinien ziemlich gerade, deren Länge ungefähr dem Durchmesser des Fadens gleichkommt): bei *f. g. h. i.*; 2) mit 1, 2 oder 3 schief, rechtwinklig oder rückwärts gerichteten kurzen Spitzen: bei *a. b. c. e.*; 3) mit einer geraden oder wenig schief gerichteten, an Länge den Durchmesser des Fadens wenigstens um das Doppelte übertreffenden, mit etwas concaven Seitenlinien vorgezogenen, etwas hin und her gekrümmten Spitze: bei *d.* und *k.* Die Zahl der Windungen ist für manche Formen constant, z. B. 2 für *b.*, 3 für

e. und *h.*, 4 für *k.*; bei anderen schwankt die Zahl zwischen 2 und 3 bei *a.* und *f.*, zwischen 3 und 2 bei *c.* und *g.*, zwischen 4 und 5 bei *d.* Auch in Beziehung auf das Gepräge der Schraubenbildung (Steilheit der Windung, Erhabenheit und Breite und gegenseitige Entfernung der Wälle) verhalten sich die verschiedenen Formen, wenn auch innerhalb engerer Grenzen, verschieden. Für die Form *e.* ist die Ausbildung eines secundären Spiralsystems charakteristisch. — Bei *h.* und zuweilen bei *f.* sind die Elateren mit feinen Stacheln besetzt, bei allen übrigen nicht. — Bei *c.* und *e.* sind die Elateren unregelmässig (holperig) gebogen, bei den übrigen gleichmässig gekrümmt. Die Sporen haben bei den meisten (*c. f. g, h. i. k.*) eine rundliche, nur bei *a. d. e.* eine polyedrische Gestalt, woraus sich ergiebt, dass auch die Species T. chrysosperma die Tribus Goniospora (Fries) nicht rechtfertigt.

12) T. serpula Fr.

Peridien nicht bestimmt begrenzt, als schmale längliche Stränge auf dem Boden kriechend, einfach und netzartig verzweigt. Capillitium goldgelb. Elateren (Tab. III. 5*.) unübersehbar lang (mehrere Linien lang), sehr gekrümmt und untereinander verschlungen, meist gabelig getheilt, mit dünnen Stächeln besetzt, $\frac{1}{330}'''$ dick, an den Enden einfach abgerundet. Windungen 3—4, rechts, unter circa 45° ansteigend. Leisten schmal, scharf, wenig erhaben, Thäler merklich breiter; die hinteren Windungen deutlich durchscheinend. Sporen $\frac{1}{250}'''$ dick, polyedrisch, derbwandig, durch die erhabenen Leisten uneben.

Arcyria.

A. Peridien gestielt.

1) A. punicea Pers. Peridien gehäuft, langgestielt, rothbraun. Capillitium dunkelroth, cylindrisch, verlängert. Fäden platt, mit ganz- oder halbringförmigen Leisten oder mit Warzen.

2) A. incarnata Pers. Peridien gehäuft, kurz gestielt, fleischfarbig. Capillitium braun*), leicht abfallend. Fäden cylindrisch, mit ganz- oder halbringförmigen Leisten.

*) So ist die Farbe bei den von mir untersuchten Exemplaren, während die Autoren ein fleischfarbiges Capillitium angeben. Ich lasse es daher dahingestellt, ob die letztere Angabe ungenau oder meine Exemplare einer von incarnata verschiedenen Species angehören.

3) A. cinerea Fl. dan. Peridien heerdenweise, bläulich grau. Capillitium ebenso. Die inneren Fäden des Netzes dicker als die äusseren, die äusseren mit stärkeren (verschiedenartigen) Unebenheiten als die inneren.

4) A. ochroleuca Fr. Peridien zerstreut, kugelig, gelb. Capillitium blass okergelb. Fäden mit ziemlich breiten ringsumlaufenden Leisten.

5) A. ramulosa Wgd. Peridien meist verästelt, gehäuft, schwarzgrün. Capillitium hellgoldgelb, zuletzt sehr verlängert. Fäden mit einem gelben, abwaschbaren Ueberzug, übrigens glatt.

B. Peridien sitzend oder kaum gestielt.

6) A. nutans Fr. Peridien gehäuft, cylindrisch, blassgelb. Capillitium cylindrisch, überhängend, zuletzt unregelmässig ausgebreitet, rostgelb.

C. Peridien von unbestimmter Gestalt, wurmförmig kriechend.

7) A. serpula Wgd. Peridium, Capillitium und Sporen gelb. Fäden sehr dünn, dünnwandig mit starken Ringleisten. Sporen 4mal so dick als die Fäden, kugelig mit facettirter Oberfläche.

1) A. punicea Pers.

a. Peridien gehäuft, langgestielt, rothbraun; der Stiel und der untere Theil des Peridiums spiralig gefaltet; die innere Peridienwand mit quirl- und linienförmigen Erhabenheiten gezeichnet. Capillitium nach dem Aufbrechen verlängert, die Form bewahrend, dunkel-granatroth. Fadenzellen (Tab. III. 6.) bandförmig, circa $\frac{1}{400}'''$ breit, die eine Fläche derselben mit derben, circa $\frac{1}{1000}'''$ entfernten Querleisten besetzt, dadurch von der Seite gesehen (c.) kammförmig erscheinend. Sporen $\frac{1}{300}'''$ dick, kugelig oder napfförmig, dunkelziegelroth, glatt.

b. Peridien wie bei *a.*, aber die innere Wand mit feinen punctförmigen Wärzchen besetzt. Capillitium (Tab. III. 7.) braunroth. Fadenzellen platt, aber weniger bandförmig als *a.*, $\frac{1}{300}'''$ breit, mit ringsumlaufenden, dichter als bei *a.* gestellten Querleisten. Sporen (c.) von sehr ungleicher Grösse, zwischen $\frac{1}{500}'''$ und $\frac{1}{100}'''$ variirend, rundlich, glatt, meist unregelmässig eingedrückt, aus einer durchaus homogenen gallertartigen Substanz, ohne unterscheidbare Membran, durch und durch röthlich gefärbt.

c. Die nach de Bary's Angabe (Mycetozoen p. 24) mit schmalen, stumpfen, in kammförmige Längsreihen geordneten

Zähnen besetzten Fäden scheinen einer dritten Form dieser Species zu entsprechen.

2) A. incarnata Pers.

a. Capillitium (Tab. III. 8.) aus einem weitmaschigen, nicht leicht zerbrechlichen Netz. Fäden braun, einschliesslich der Leisten $\frac{1}{330}'''$ dick. Leisten stark hervortretend, ringsumlaufend, sehr genähert, am Rande als lange Zähne erscheinend; die Membran sehr verdickt. Sporen (c.) kugelig, $\frac{1}{330}'''$ dick, farblos, glatt.

b. Netz des Capillitiums (Tab. III. 9.) engmaschig, leicht zerbrechlich, braun. Fäden nur mit halbringförmigen Leisten auf der einen Seite besetzt. Sonst wie *a.* — Nach de Bary (Mycetozoen p. 25) sollen zwischen den halbringförmigen Leisten kleine Zähnchen stehen, was also eine dritte Form dieser Species bedingt.

3) A. cinerea Fl. dan.

a. Peridien (Tab. III. 11.) grau, Stiel hell, nach dem Aufspringen mit dem unteren Theil der Peridienwand bleibend. Capillitium eng-netzmaschig, nach dem Aufspringen die Gesammtform beibehaltend. Fäden ziemlich gerade, die der inneren Partie (d.) circa $\frac{1}{400}'''$ dick, ganz glatt, die nach aussen befindliche (e, f, g.) nur $\frac{1}{600}'''$ dick, theils feinwarzig, theils stachelig, theils mit scharfen Ringleisten versehen. Die Membran stark verdickt, oft aus 2 Schichten, heller, der Inhalt dunkler, zuweilen umgekehrt. Sporen kugelig, $\frac{1}{800}'''$ dick, glatt, hell, derbwandig. Die rundlichen, den Stiel ausfüllenden Zellen $\frac{1}{150}'''$ und dicker, theils dickwandig mit enger Höhle, theils auch mit weiter Höhle.

b. Capillitium (Tab. III. 10.) weitmaschiger als bei *a.*, Fäden mannigfach verbogen, nicht dickwandig; die inneren (b.) $\frac{1}{400}'''$, die peripherischen (c.) (incl. der Stacheln) $\frac{1}{600}'''$ dick, beide mit unregelmässig gestellten Warzen besetzt, welche bei den peripherischen Fäden stärker, fast stachelförmig sind. Sporen (d.) $\frac{1}{330}'''$ dick, unregelmässig rundlich, glatt, farblos, mit verdickter, aber nach innen nicht scharf begrenzter Membran.

c. Peridien (Tab. III. 12.) fahlgrau, keulenförmig, gestielt, nach dem Oeffnen gänzlich verschwindend, und das Capillitium als einen unregelmässigen Haufen zarter grauer Wolle zurücklassend. Die Fäden verbogen, doch nicht so stark als bei *b.*, von ungleichmässiger Dicke, die inneren (c.) durchschnittlich $\frac{1}{300}'''$ dick, mit warziger Oberfläche, die Wand bis zum Verschwinden der Höhle

verdickt, die äusseren (d.) circa $\frac{1}{600}$''' dick, mit etwas stärkeren Warzen und geringerer, eine deutliche Höhle übriglassender Verdickung. Membran hell, Inhalt braun. Sporen (e.) $\frac{1}{300}$—$\frac{1}{200}$''' dick, rundlich, farblos, glatt mit verdickter, nach innen scharf begrenzter Membran. Die kugeligen Zellen in der Höhle des Stiels nicht so dickwandig als bei *a*. An der Rinde von Abies pectinata bei Ilmenau gefunden. — Bei einem anderen Exemplar von demselben Standort sind die inneren Fäden im Ganzen dünner, circa $\frac{1}{400}$''', und dicht mit Warzen bedeckt.

4) A. ochroleuca Fr. (?).

Fäden (Tab. III. 16.) des Capillitiums $\frac{1}{500}$''' dick, dickwandig, mit ziemlich breiten, rings umlaufenden Leisten.

5) A. ramulosa Wgd.

Peridien verzweigt und zu grösseren Massen gehäuft, schwärzlich-grün. Capillitium (Tab. III. 17.) nach dem Oeffnen als zusammenhängende, sich stark verlängernde, hell-goldgelbe Wolle bleibend. Fäden bis $\frac{1}{330}$''' dick, ziemlich gerade, zu weiten Maschen verbunden, mit sehr stark verdickter, oft geschichteter Membran (b.), an der Oberfläche vollkommen glatt, d. h. ohne Leisten oder Warzen, aber mit einem körnigen, gelben Ueberzug bedeckt, welcher durch Behandlung mit Wasser sich ablöst und dasselbe gelb färbt. Sporen habe ich nicht gesehen.

Diese aus Peru stammende, von Rudolphi (Linnaea 1829, p. 119) als „Trichia ramulosa" beschriebene Art ziehe ich wegen des netzförmigen Capillitiums und der stark verdickten Membran desselben zu Arcyria und vervollständige die Diagnose Rudolphi's folgendermaassen:

„Arcyria ramulosa Wgd. (= Trichia ramulosa Rud.). Peridia pluries ramosa, caespitose crescentia, viridi-nigra. Capillitium laeteaureum, demum valde elongatum, filamentis granulis flavis obtectis, quibus aquae ope remotis, laevissimis. Habitat ad ramulos semiputridos in Peruvia."

6) A. nutans Fr.

a. Peridium später ganz verschwindend. Capillitium (Tab. III. 13.) rostgelb, zuletzt unregelmässig ausgebreitet, sehr weitmaschig. Fäden $\frac{1}{500}$''' dick, mit bald ganz, bald halb herumlaufenden Leisten, dadurch am Rande kammförmig gezahnt erscheinend.

Sporen (Tab. III. 13.) $\frac{1}{330}'''$ dick, theils kugelig, theils länglich glatt, farblos, durchaus homogen ohne unterscheidbare Höhle.

b. Fäden (Tab. III. 14.) $\frac{1}{330}'''$ dick, Leisten mehr gleichmässig ringsumfassend, spitzer hervortretend als bei *a.* Sporen $\frac{1}{330}'''$ dick, rund, glatt, farblos, durchaus homogen.

c. Fäden (Tab. III. 15.) $\frac{1}{330}'''$ dick, an einer Seite mit Stacheln kammartig besetzt. Sporen derbwandig mit deutlicher Höhle, sonst wie *a.* und *b.*

7) A. serpula Wgd.

Peridien rundlich, sitzend oder gestreckt wurmförmig kriechend (forma mesenterica), goldgelb. Capillitium (Tab. III. 18.) goldgelb, aus langen, dünnen, vielfach gekrümmten, ein weitläufiges Netz bildenden Fäden. Fäden mit den Leisten $\frac{1}{600}'''$, ohne die Leisten $\frac{1}{800}'''$ dick. Die Membran sehr dünn, im trocknen Zustand collabirt, mit ringförmigen, unregelmässig vertheilten Anschwellungen. Jugendliche Zustände (b.) der Capillitiumfäden, aus unreifen Peridien entnommen, sind farblos und eben, ohne Ringbildung, aber an den Enden kugelförmig angeschwollen. Auch an den Enden der reifen Fäden oder an kleinen Aestchen sitzen bisweilen Sporen. Sporen (d.) kugelig, $\frac{1}{200}'''$ dick, gelb, zierlich facettirt mit 6eckigen Feldern, welche durch derbe, am Rand gleichsam als Stacheln hervortretende Rippen getrennt werden. — Ausserdem finden sich zwischen dem Capillitium grosse, $\frac{1}{30}'''$ dicke, runde, braungelbe Zellen mit körnigem Inhalt und dunkelem Kern.

Diese durch die Bildung des Peridiums, durch die dünnwandigen Capillitiumfäden und die grossen facettirten Sporen vor den übrigen Arten ausgezeichnete Species entdeckte ich auf der Lohe im Ananashaus zu Herrenhausen*) und definire sie wie folgt:

„Arcyria serpula, Wgd. Peridiis venoso-serpentibus flexuosis aureis, capillitio sporidiisque concoloribus; filamentis longe-reticulatis, tenuissimis, membrana tenerrima formatis, annulis prominentibus configuratis; sporidiis globosis, quadruplo majoribus, superficie areolatis. Habitat in cortice coriario caldarii.“

Die unter den einzelnen Arten von Arcyria angeführten Abweichungen beziehen sich hauptsächlich auf den Charakter der Un-

*) Inzwischen wurde mir dieselbe Form auch von de Bary, der sie ebenfalls auf Lohe gefunden und einstweilen als A. anomala unterschieden hatte, mitgetheilt.

ebenheiten der Capillitiumfäden und sind grossentheils so erheblich, dass dieselben sich mit grösserer Wahrschienlichkeit als specifische Unterschiede ergeben werden, als die unter den Trichia-Arten hervorgehobenen Formen. Sollte sich indess für alle diese Abweichungen auch nur eine untergeordnete Bedeutung als constante Spielarten oder selbst nur eine individuelle Verschiedenheit herausstellen, so wäre die dadurch nachgewiesene, im Vergleich mit anderen Abtheilungen des Gewächsreichs, z. B. den Flechten, durch ungleich schärfere Sonderung ausgezeichnete Polymorphie unserer beiden Gattungen in Verbindung mit der ebenfalls verhältnismässig sehr charakteristischen Ausprägung der Species geeignet, denselben neben dem morphologischen auch ein hervorragendes systematisches Interesse zu sichern, ein Interesse, mit welchem die bisherige Verwirrung und Unklarheit, worin diese Gattungen durch Vernachlässigung gerade der für deren Systematik ergiebigsten Momente sich befinden, im Widerspruch steht. Diess möge es rechtfertigen, wenn ich bereits mit dem unvollständigen Material, wie es mir zu Gebote stand, einen vorläufigen Versuch gemacht habe, die wünschenswerthe systematische Beobachtung dieser kleinen Gruppe anzubahnen.

Erklärung der Abbildungen.

Tab. I.

Fig. 1—11. Trichia furcata.

1. Fussförmige Basis eines Peridiums (a) mit mehreren Aussackungen, welche mit runden Zellen ausgefüllt sind. m, m, der Hypothallus.

2. Ein unreifes Peridium, in Folge des Drückens an der Spitze umschnitten-geöffnet. — bb, Aussackungen des Stiels unterhalb des Hypothallus mm. — xx, Blasenartige Höhlen in dem Hypothallus, diese sowie bb mit trübem, körnigem Inhalt.

3. Inhalt des Peridiums Fig. 2. — a—d, unreife Elateren, — e, kugelige Zellen von circa $\frac{1}{150}$'' Dicke; — f, kleinere Bläschen von $\frac{1}{500}$''' Dicke (Anlagen der Sporen?).

4. Ein etwas weiter entwickeltes, ebenfalls unreifes Peridium; p, fussförmiges Ende; — x, derbwandige, mit trübem Inhalt erfüllte Blase in dem Hypothallus.

5. a—f, unentwickelte und abnorme Elateren als Inhalt des Peridiums Fig. 4. in verschiedenen Stufen der Ausbildung, zartwandig, farblos, mit kugelig angeschwollenen Enden und mit blasenartigen und ringförmigen Ausweitungen.

6. Ein fast reifes Peridium mit einer den Stiel umgebenden, durch Häutung desselben entstandenen weitfaltigen Hülle und fussartig erweitertem Ende der Stielhöhle.

7. a—d, abnorme, fast reife, gelbliche Elateren als Inhalt aus dem Peridium Fig. 6., mit blasen-, ring- und spiralförmigen Ausweitungen. — e—g, aus dem Inhalt derselben Höhle; e e, kugelige Zellen; f, g, h, schlauchförmige Entwickelungen von e e, sämmtlich derbwandig mit körnig trübem Inhalt.

8. Reifes Peridium, vermittelst des Hypothallus auf einem Stückchen Holz (l) befestigt. x, eine derbwandige, mit körnigem Inhalt erfüllte Blase neben der mit runden Zellen erfüllten Fussspitze des Stiels.

9. a—m, rundliche und schlauchförmige Gebilde aus einem aufgesprungenen, grösstentheils zerstörten Peridium, sämmtlich mit einer äussern, dünnen, gelblichen Membran, einer inneren, dicken, farblosen Schicht und einem trüben, körnigen Inhalt.

10. Elateren und Sporen aus einem normalen reifen Peridium.

11. Ein Stück der Elatere und eine Spore vergrössert (720 mal).

Die folgenden Figuren stellen einzelne ganze Elateren bei circa 250 maliger und einzelne Abschnitte derselben, sowie die Sporen bei 720 maliger Vergrösserung mit der camera lucida gezeichnet dar.

Fig. 12. Trichia pyriformis *a*.

Fig. 13. Tr. pyriformis *b*.

Fig. 14. Tr. fallax *a*.

Fig. 15. Tr. fallax *b*.

Tab. II.

Fig. 1. Tr. clavata *a*.

Fig. 2. Tr. clavata *b*.

Fig. 3. Tr. clavata *c*.

Fig. 4. Tr. obtusa.

Fig. 5a. Tr. nigripes *a*.

Fig. 5b. Tr. nigripes *b*., eine Spore.

Fig. 6. Tr. turbinata, das vergrösserte Ende einer Elatere.

Fig. 7. Tr. varia *a*.

Fig. 8. Tr. varia *b*., das vergrösserte Ende einer Elatere.

Fig. 9. Tr. varia *c*.

Fig. 10. Tr. varia *d*.

Fig. 11. Tr. abietina.

Fig. 12. Tr. rubiformis *a*. a, Spore (720 mal vergr.), gelb; — b b, Zuspitzung der Elateren; — c, ein Stück der Elatere bei 720 maliger Vergr.; — d d, spindel-, kugel- und schlauchförmige Gebilde, theils glatt, theils bedornt, theils mit Spiralzeichnung, braunroth, derbwandig.

Fig. 13. Tr. chrysosperma *a*. — a, b, c, d, verschiedene Formen der Elateren, einfach und verzweigt, glattwandig oder mit Ring- oder Spiralbildung, Vergrösserung 350. — e e, Zuspitzung der Elateren, 720 malige Vergr., — f, Spore 720 mal vergr.

Fig. 14. Tr. chrysosperma *b*. Eine Elatere und verschiedene Formen der Zuspitzung bei circa 200 maliger Vergr.

Fig. 15. Tr. chrysosperma *c.* a, ein Stück der Elatere, 720 mal vergr.; b, Spore desgl. c, d, e, Formen der Zuspitzung, schwächer vergrössert.

Fig. 16. Tr. chrysosperma *d.* Elateren und Sporen bei 720 maliger Vergr.

Fig. 17. Tr. chrysosperma *e.* Elatere (a) und Spore (c), 720 mal vergr., b, andere Form der Zuspitzung, schwächer vergrössert.

Tab. III.

Fig. 1. Tr. chrysosperma *f.* Elatere (a) und 2 Sporen (b), 720 mal vergrössert. *c*, Formen der Zuspitzung.

Fig. 2. Tr. chrysosperma *g.*

Fig. 3. Tr. chrysosperma *h.* Vergr. 720.

Fig. 4. Tr. chrysosperma *i.* Vergr. 720.

Fig. 5. Tr. chrysosperma *k.* Vergr. 720.

Fig. 5*. Tr. serpula. Vergr. 720.

Fig. 6. Arcyria punicea *a.* — a, ein Stück des Netzes vergr. b, (720 mal vergr.) von oben; c, (720 mal vergr.) ein Faden von der Seite gesehen.

Fig. 7. A. punicea *b.* — a, Bruchstücke des Capillitiums vergr.; b, desgl. stärker (720 mal) vergr.; c, Spore (720 mal vergr.).

Fig. 8. A. incarnata *a.* — a, ein Stück vom Capillitium vergr.; b, ein Faden bei 720 maliger Vergr.; c, Spore.

Fig. 9. A. incarnata *b.*

Fig. 10. A. cinerea *b.* — a, Ein Stück des Capillitiums vergr.; b, desgl. aus dem inneren Theil; c, aus dem peripherischen Theil desselben; — d, Sporen.

Fig. 11. A. cinerea *a.* — a, ein geöffnetes Peridium mit dem stehenbleibenden Capillitium; b, Längsschnitt durch dasselbe an der Grenze zwischen Stiel und Sporenbehälter, der Stiel mit runden, stark verdickten Zellen erfüllt, welche nach oben in die, eine peripherische Schicht bildenden, kleineren Sporen übergehen. c, ein Stück des Capillitiums (350 mal vergr.); — d, ein Faden aus dem inneren Theil desselben, e, f, g, aus der peripherischen Partie; a—g, 720 mal vergr.

Fig. 12. A. cinerea *c.* — a, geöffnetes Peridium mit dem Capillitium; b, ein Stück des letzteren vergr.; c, ein Stück desselben aus der Mitte; d, desgl. aus der Peripherie; e, Sporen. c, d, e, 720 mal vergr.

Fig. 13. A. nutans *a.*

Fig. 14. A. nutans *b.*

Fig. 15. A. nutans *c.*

Fig. 16. A. ochroleuca.

Fig. 17. A. ramulosa; a, Bruchstück aus dem Capillitium 350 mal vergr. b, ein Faden 720 mal vergr.

Fig. 18. A. serpula; a a a, Bruchstücke des Capillitiums vergr. nebst freien und ansitzenden Sporen; — b, ein Stück desselben im unausgebildeten Zustand; c, ein Stück desselben 720 mal vergr.; d, eine Spore (720 mal vergr.).

Anhang.

Ueber die Stellung der Myxomycetes zu dem Thier- und Pflanzenreich.

Es bleibt mir noch übrig, die im Eingang der vorstehenden Abhandlung berührte Frage zu beantworten, mit welchem Rechte de Bary die Myxomyceten für thierische Organismen erklärt. Die Erörterung, ob überhaupt eine solche Frage berechtigt sei, d. h. ob Thier und Pflanze zwei nach scharfen Begriffen getrennte Gebiete seien, in der Art, dass jeder Organismus entschieden nur dem einen oder dem andern der beiden Reiche angehöre, würde an dieser Stelle zu weit führen und mag daher für eine andere Gelegenheit vorbehalten bleiben. Ich beschränke mich hier auf die Bemerkung, dass, meiner Ansicht nach, diese Frage nicht nur eine berechtigte, sondern auch als die Fundamentalfrage aller Systematik eine sehr wichtige ist, weil die letztere offenbar nur dann wissenschaftlich berechtigt ist, wenn den natürlichen Abtheilungen des Pflanzen- und Thierreichs reale Begriffe zu Grunde liegen. Ich mache ferner darauf aufmerksam, dass die neueren Untersuchungen der niederen Organismen und alle Grenzstreitigkeiten zwischen Thier- und Pflanzenreich zwar einerseits zur Einsicht in eine ausserordentlich mannigfache und innige Berührung beider Reiche, aber andererseits in gleichem Grade zu einer immer schärferen Auffassung der Grenzlinie und zur bestimmteren Darstellung der diesen Reichen zu Grunde liegenden Begriffe geführt haben, mögen auch von manchen Forschern im Widerspruch mit ihren positiven Leistungen Zweifel an dieser theoretischen Wahrheit in wenig klarer Weise erhoben worden sein.

Was de Bary betrifft, so ist derselbe zwar über diese Frage mit sich selbst im Widerstreit, wenn er einerseits eine scharfe Unterscheidung von Thier- und Pflanzennatur in den einfachsten Organismen für unausführbar und andererseits Thier und Pflanze für dem Begriff nach unterschieden erklärt, — wenn er einerseits die Ansicht vertritt, dass viele der einfachen Organismen weder dem Begriff von Thier noch von Pflanze vollständig entsprechen und denn doch auch wieder sich gegen den Versuch ausspricht,

die zweifelhaften Formen in ein Zwischenreich zu stellen. Allerdings erkennt er aber nicht nur die begriffsmässige Trennung beider Reiche, sondern auch die Möglichkeit, über die Pflanzen- oder Thiernatur einer fraglichen Gruppe von Organismen zu entscheiden, an, indem er für die Myxomyceten diese Entscheidung und noch dazu nach einem einzigen Merkmal wirklich durchführt, und diess zwar, wie aus der ganzen Art der Behandlung hervorgeht, nicht bloss in einem praktischen, sondern im rein theoretischen Interesse. Da ich hiernach im Princip vollkommen mit de Bary übereinstimme, so ist es auch möglich, die Gründe seiner Entscheidung einer Prüfung zu unterwerfen.

Was den zu Grunde liegenden Thatbestand, die Entwickelungsgeschichte, wie sie von de Bary dargestellt wird, betrifft, nämlich das Hervorbrechen einer farblosen Kugel aus der geöffneten Spore, die eigenthümlichen Gestaltveränderungen und Bewegungen dieses „Schwärmers“, die contractilen Vacuolen in dessen Innerem, ferner die wiederholte Theilung und Weiterentwickelung zu amöbenartigen Gebilden und weiterhin zu contractilen und den Ort verändernden Strängen mit Strömungen des Inhaltes und stickstoffhaltiger Hüllhaut, endlich das Auftreten des Fruchtkörpers an diesen Sarcodesträngen, so habe ich keinen Grund, diese das Gepräge der Wahrheit tragenden Beobachtungen in Zweifel zu ziehen, wenngleich nicht zu verkennen ist, dass ein wesentlicher Punct, die unmittelbare Umbildung der Amöben zu den Sarcodesträngen zwar wahrscheinlich gemacht, jedoch keineswegs bestimmt nachgewiesen worden ist, und dieser, sowie gewisse andere Puncte von einem anderen auf diesem Gebiete bewährten Beobachter, Hoffmann (Bot. Z. 1859, p. 211 ff.) geradezu bezweifelt wird. Die Thatsachen nach de Bary vollständig zugegeben, handelt es sich hier lediglich um die daraus abzuleitende theoretische Ansicht.

De Bary beantwortet die Frage nach der Stellung der Myxomyceten auf zweifachem Weg: 1) nach dem Begriff der beiden Naturreiche, 2) durch Aufsuchung analoger Gruppen aus dem einen oder anderen Reiche.

Was das Erste betrifft, so lässt er von den für die Unterscheidung von Pflanze und Thier bisher angenommenen Kriterien nur das eine, die Aufnahme fester Nahrung bei den Thieren im Gegensatz zu den Pflanzen, gelten. Ich lege zwar aus Gründen, deren Ausführung hier zu weit führen würde, gerade diesem Merkmale eine weit untergeordnetere Bedeutung bei als anderen, z. B.

den von de Bary verschmähten, auf die chemischen Verhältnisse oder auf die Bewegungserscheinungen gegründeten Kriterien; gleichwohl räume ich ein, dass wir in der Erscheinung des Fressens ein Kennzeichen für die Thiernatur der fraglichen Wesen haben würden. Nur fragt es sich, was man unter Fressen zu verstehen hat. Das Factum ist, dass de Bary im Innern der aus den Sporen hervorgegangenen amöbenartigen Zustände mehrerer Myxomyceten häufig grüne Algenzellen und Pilzsporen wahrgenommen hat. Auf diese Beobachtung allein die Annahme des Fressens zu gründen, würde nichts anderes sein, als einem Baum, in dessen Holzkörper man Nägel, Kugeln etc. eingewachsen fand, die Fähigkeit zu fressen zuzuschreiben. Zum Begriff des Fressens, insofern es den Charakter des Thiers bestimmen soll, gehört ohne Zweifel 1) dass die Aufnahme der festen Stoffe durch bestimmte, auf diesen Zweck gerichtete Bewegungen stattfindet, und 2) dass diese Stoffe als Nahrungsmittel verwandt werden. Den Act des Aufnehmens hat de Bary nicht beobachtet, und er räumt selbst eine Berechtigung für die Annahme ein, dass jene festen Ingesta nur zufällig in die weiche Körpersubstanz eingedrungen sind, und ebenso, dass die bei anderen Amöben wahrgenommenen Veränderungen solcher Ingesta von einem für die Ernährung gleichgültigen Zersetzungsprocesse herrühren. Da jedoch überwiegende Gründe dafür sprechen, dass die wasserbewohnenden Amöben wie die der Entwickelung der „Mycetozoen" angehörigen Amöben fressen, so schliesst de Bary, dass die letzteren entschieden (trotz jenes berechtigten Einwurfs?) ins Thierreich zu stellen seien. — Diese überwiegenden Gründe bestehen aber wesentlich in der Analogie mit den Erscheinungen an einem unzweifelhaften Thier, dem Sonnenthierchen (Actinophrys Sol), bei welchem Kölliker die Aufnahme fester Körper selbst beobachtet und die damit verbundenen Bewegungen als solche dargestellt hat, welche vom Thier selbständig zu diesem bestimmten Zweck der Aufnahme und, da die aufgenommenen Stoffe im Inneren verarbeitet werden, zum Zweck der Ernährung ausgeübt werden. Diese, übrigens, wie mir scheint, selbst nicht gerade vollkommen sicher begründete Ansicht Kölliker's zugegeben, so scheint mir der weitere Analogieschluss, die Uebertragung dieser Auffassung auf die wasserbewohnenden Amöben und von diesen auf die „Mycetozoen"-Amöben, nicht berechtigt zu sein. Dieselbe gründet sich nämlich auf die auch von Kölliker und Dujardin angenommene Verwandtschaft der wasser-

bewohnenden Amöben mit Actinophrys. Hätte aber Kölliker gewusst, wie es de Bary weiss, dass wahrscheinlich alle Amöben gar keine selbständigen Organismen, sondern nur Anfangsglieder einer weiteren Entwickelung sind, deren Endglied ein mit allen Merkmalen einer echten Pflanze begabtes Gebilde ist, so würde er ohne Zweifel seine Ansicht von einem selbständigen Thier nicht auf die als solche mindestens sehr zweifelhaften Amöben ausgedehnt haben. Für die den „Mycetozoen" angehörigen Amöben wenigstens ist de Bary's Analogieschluss nicht richtig, weil diese von ihm selbst als vorübergehende und untergeordnete Stadien einer weiteren Entwickelung aufs Bestimmteste nachgewiesen worden sind, eine Analogie zwischen einem einzelnen Stadium mit einem ausgebildeten Organismus aber so wenig statthaft ist, wie es etwa erlaubt sein würde, eine Algen-Zoospore mit einem einzelligen Thier zu parallelisiren und wegen der analogen Bewegungserscheinungen beider die Algen für Thiere zu erklären.

Was aber, abgesehen von diesen Analogien, die angebliche Bedeutung der festen Ingesta in den Amöben der Myxomyceten als Nahrungsstoffe zweifelhaft macht, ist der Umstand, dass in den aus den Amöben hervorgehenden Sarcodesträngen keine solche fremden Körper wahrgenommen werden konnten. Dass dieselben wegen der Undurchsichtigkeit der Stränge nicht sichtbar sein sollten, ist nach der von de Bary gegebenen Beschreibung der letzteren nicht wahrscheinlich. Da nun dieselben zu ihrem ausserordentlich raschen Wachsthum und ihrer bedeutenden Massenbildung eine entsprechende Nahrungsaufnahme erfordern, so kann man wohl nicht umhin, für die Sarcodestränge eine Nahrung in flüssiger Form anzunehmen. Dass aber ein Organismus in einem früheren Stadium feste, in der späteren Entwickelung dagegen flüssige Nahrung aufnehmen sollte, möchte wenigstens im Thierreich ohne Analogie sein. Was die Amöben betrifft, so fand Auerbach*) gerade umgekehrt feste Ingesta nicht in jungen, sondern nur in älteren Individuen.

Gesetzt aber auch, die Myxomyceten nehmen in dem amöbenartigen Stadium und selbst als Sarcodestränge feste Stoffe als Nahrung auf, warum macht denn de Bary nicht umgekehrt den Schluss: wir finden, dass Organismen, welche sich übrigens wie

*) Ueber die Einzelligkeit der Amöben. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. VII. p. 365.

wahre Pflanzen verhalten, in einem gewissen Lebensstadium fressen, mithin gilt von dem Fressen wie von anderen Kriterien, dass es an und für sich kein durchgreifendes Merkmal zwischen Pflanze und Thier bildet? — und wenn de Bary hierauf antworten wird: weil das Fressen innerhalb des Pflanzenreichs eine unerhörte Erscheinung ist, so erwidere ich mit demselben Recht, im Thierreich sei es eine ebenso unerhörte Erscheinung, dass ein Organismus sich vermittelst Sporen fortpflanze, welche aus Cellulose bestehen und innerhalb einer aus Cellulose bestehenden allgemeinen Mutterzelle wie das Peridium von Trichia erzeugt werden.

Hätte dagegen de Bary anstatt der Aufnahme fester Nahrungsstoffe lieber die chemische Beschaffenheit der Membran und die Bewegungserscheinungen als Kriterien für die Deutung der Myxomyceten benutzt, so würde er den Vortheil gehabt haben, sich nicht zwischen unvollständigen Beobachtungen und unsicheren Analogien, sondern auf dem Boden sicherer, durch seine eigenen Untersuchungen bewährter Thatsachen zu bewegen, und daher zu einem ungleich bestimmteren Resultat, wenn gleich, wie ich glaube, zu einem anderen, zu gelangen.

Prüfen wir in dieser Beziehung unsere fraglichen Wesen, so finden wir an denselben nach de Bary's Beobachtungen folgende drei Haupt-Entwickelungsstadien:

1) den Zustand als Spore, bewegungslos, mit einer bei Lycogala, Arcyria, Trichia von de Bary und bei den beiden letzten Gattungen von mir nachgewiesenen Cellulose-Membran; —

2) ein Stadium, welches, obgleich rasch vorübergehend, doch den grössten Theil der ganzen Entwickelung des Individuums bildet, nämlich den Zustand der aus der Spore heraustretenden „Schwärmer", den der Amöben und den der Sarcodestränge bis zum Auftreten des Fruchtkörpers. Dieses Stadium ist charakterisirt durch auffallende Bewegungserscheinungen, nämlich freie Ortsbewegung, Gestaltveränderungen durch Contractilität der Hüllhaut, bewegliche Wimpern und Bewegungen des Inhaltes, — in chemischer Beziehung durch eine stickstoffhaltige Substanz (Sarcode) im Inhalt sowohl als in der Hüllhaut; —

3) das Stadium der Fruchtreife, nämlich eine einzige Zelle, in deren Wand bei einzelnen Arten Cellulose und ein Schichtenbau nachgewiesen werden kann, in deren Inhalt zahlreiche Zellen, theils Fadenzellen, theils Sporen, entstehen, von denen die letzteren, wie gesagt, aus Zellstoff bestehen.

Von diesen drei Lebensstadien ist es offenbar nur das zweite, in welchem die Pflanzennatur der Myxomyceten zweifelhaft erscheinen kann. Nun sagt aber de Bary (a. a. O. p. 77) selbst, gestützt auf mehrfache Thatsachen aus der neueren Physiologie: „Ganz abgesehen von der Wimperbewegung kommt dem Primordialschlauch und dem Protoplasma unzweifelhafter Pflanzenzellen, welche Theile allein den contractilen Theilen der Thierzelle verglichen werden können, die Fähigkeit selbständiger, auf keine äusseren Ursachen zurückführbarer Zusammenziehung, Bewegung und Gestaltveränderung in oft sehr hohem Grade zu, so dass die Substanz jener Theile als der Sarcode, mit welcher sie auch in der chemischen Zusammensetzung viele Uebereinstimmung zeigt, mindestens nahe verwandt zu betrachten ist.“ Es kann noch hinzugefügt werden, dass dieser Theil der Pflanzenzelle, das Protoplasma mit dem Primodialschlauch, mit welchem de Bary jenen Zustand der Myxomyceten in so nahen Zusammenhang bringt, in der Entwickelung gewisser Pflanzen, der Algen, selbständig als ein bestimmtes Stadium, nämlich als Primordialzelle (Zoospore) wirklich auftritt. Die Uebereinstimmung der Sarcodestränge der Myxomyceten wird endlich noch mehr bestätigt durch die von de Bary mitgetheilte Erscheinung, dass nach langsamem Eintrocknen der Inhalt derselben in unzählige Zellen zerfällt, welche, mit einem Kern und leicht nachweisbarer Cellulose-Membran versehen, nur als unzweifelhafte Pflanzenzellen betrachtet werden können.

Hiernach ergiebt sich folgende Schlussfolge: die Myxomyceten beginnen und schliessen (auf der höchsten Entwickelungsstufe, in der Fructification) mit entschieden pflanzlichem Charakter, — dazwischen fällt ein Stadium, welches in mehrfacher Hinsicht mit gewissen Erscheinungen des thierischen Organismus übereinstimmt. Es ist aber bekannt, dass solche Gebilde, welche an und für sich oft durchaus nicht von gewissen Thierformen unterschieden werden können, als vorübergehende Stadien im Entwickelungsgang von Pflanzen vorkommen. Da nun heutzutage wohl Niemand annehmen wird, dass ein und dasselbe Individuum in dem einem Stadium wahres Thier, in einem anderen wahre Pflanze sein könne, und da man unmöglich um jener Thierähnlichkeit des Sarcodestadiums willen den Cellulosestadien, welche in dieser Weise im Thierreich ohne Analogie sind, thierische Natur zuschreiben kann, so ist kein Grund vorhanden, die Bedeutung der Myxomyceten als Pflanzen in Zweifel zu ziehen.

De Bary legt aber bei der Untersuchung über die thierische oder pflanzliche Bedeutung mit Recht besonderen Werth auf die Frage, in welchem der beiden Reiche sich Gruppen finden, an welche sich die fraglichen Wesen durch Analogie oder Verwandtschaft am besten anreihen.

Zwar stimmen die Myxomyceten ohne Zweifel mit den Pilzen, zu denen sie bisher allgemein gerechnet wurden, in physiologischer Beziehung in hohem Grade überein, auf der andern Seite aber ist auch nicht zu verkennen, dass in Betreff der Gestaltungsverhältnisse und der Entwickelungsgeschichte gerade hier die Anknüpfungspunkte fehlen; vor Allem kann von einer Unterordnung unter die Bauchpilze, denen sie nach einer höchst äusserlichen Aehnlichkeit zugesellt werden, bei genauer Betrachtung beider Abtheilungen keine Rede sein; aber auch unter den Pilzen im Allgemeinen steht unsere Gruppe hauptsächlich wegen der ganz abweichenden Keimung durchaus isolirt. Anders würde sich die Sache gestalten, wenn sich die Angabe Hoffmann's*) bestätigen sollte, wonach derselbe die Entwickelung von Schwärmern aus den Sporen nach Art der Myxomyceten auch bei mehreren Brandpilzen beobachtet haben will, und vollends unzweifelhaft würde die Stellung unserer Gruppe unter den Pilzen sein, wenn, wie Hoffmann anführt, bei Licea sulfurea und wahrscheinlich auch bei anderen Myxomyceten neben der gewöhnlichen Keimung vermittelst austretender Schwärmer unter gewissen Umständen auch die den Pilzen allgemein zukommende Fadenkeimung stattfände**). Dagegen findet de Bary auf einem anderen Gebiete des Pflanzenreichs eine bestimmte Analogie, nämlich bei den Algengruppen der Siphoneae und Saprolegnieae. De Bary hebt hierbei die Aehnlichkeit der Myxomyceten-Schwärmer mit den Zoosporen der Algen, die der Sarcodestränge mit dem durch Auswachsen der Zoospore entstehenden, aus einer schlauchförmigen Zelle bestehenden Thallus jener Algen, sowie die der Sporenblasen mit dem betreffenden Organ, z. B. bei Pythium, hervor. Er hätte noch mehr sagen können: Die Schwärmzellen der Algen treten bei Sphaeroplea (nach Cohn), bei Bulbochaete (nach Pringsheim), unter Umständen auch bei den Saprolegnieae

*) Bot. Zeit. 1859, p. 212.

**) Nach den inzwischen erschienenen Mittheilungen des Verf. (diese Jahrbücher II. p. 271 und 290) erscheinen indes die oben erwähnten Keimungsformen zweifelhaft.

(nach Pringsheim), sowie nach Cohn auch bei den Desmidieae aus den sich öffnenden Sporen ganz in derselben Weise, wenn auch in grösserer Zahl, heraus, wie diess bei der Keimung der Myxomyceten schon der Fall ist. Der ganze Unterschied in dem Entwickelungsgang liegt nur darin, dass sich die Algen-Schwärmspore bei ihrer Fortbildung sogleich mit einer Cellulose-Membran bekleidet und bei den meisten einen durch Scheidewände gegliederten Thallus bildet, während bei den Myxomyceten keine Theilung erfolgt und der Thallus, d. h. die aus den Schwärmzellen hervorgegangenen amöbenartigen Formen der Sarcodestränge noch keine starre Cellulose-Membran erzeugen, welche vielmehr erst (bestimmt nachgewiesen wenigstens bei Trichia) mit der Sporenblase auftritt, dass, mit anderen Worten, das durch Mangel der Cellulose-Membran, mithin durch Contractilität charakterisirte Stadium bei den Myxomyceten eine verhältnissmässig längere Dauer und grössere räumliche Ausdehnung besitzt als bei jenen Algen. Der Unterschied ist also nur graduell, dagegen die Zahl und Aufeinanderfolge der Entwickelungsphasen sind hier wie dort genau dieselben.

Trotz dieser wesentlichen Analogie der Myxomyceten mit gewissen Pflanzengruppen nicht bloss in einzelnen Puncten, sondern im ganzen Entwickelungsgang, und trotzdem, dass die Unterschiede nur relativ sind, glaubt de Bary jene Organismen nothwendig in das Thierreich versetzen zu müssen. Warum? etwa weil sich unter den Thieren eine noch innigere Verwandtschaft zu denselben zeigt? im Gegentheil fehlt es gerade hier so sehr an durchgreifenden Analogieen, dass de Bary selbst es gegenwärtig für unmöglich hält, ihren Platz im System mit Sicherheit zu bestimmen. Eine nahe Verwandtschaft findet jedoch de Bary zwischen den Myxomyceten und den Gregarinen. In der That treten nach Lieberkühn auch hier aus den innerhalb einer Cyste entstandenen Psorospermien (Sporen) amöbenartige Gebilde hervor, welche sich vergrössern und zu neuen Gregarinen werden. Aber abgesehen davon, dass schon die Verschiedenheit in den äusseren Lebensbedingungen eine unmittelbare Anreihung der auf abgestorbenen Pflanzentheilen lebenden Myxomyceten an die genannten, nur im Innern lebender Thiere vorkommenden Thiere schwierig macht, — so bleibt ein erheblicher Unterschied insofern stehen, als die Cyste der Gregarinen nicht, wie die Sporenblase der Myxomyceten, Cellulose zur Grundlage hat, wie diess auch für die sonst bei den

niederen Thieren, namentlich bei den Vorticellen und nach Cohn bei den meisten Infusorien, unter gewissen Umständen und in gewissen Stadien auftretende Incystirung, welche sonst eine der vegetabilischen Membranbildung analoge Erscheinung ist, gilt. — Eine andere nahe Beziehung glaubt de Bary für die Myxomyceten innerhalb des Thierreichs bei den Rhizopoden zu erkennen. Jedoch bezieht sich diese Vergleichung nicht sowohl auf die gehäusebildenden Rhizopoden, die Polythalamien, mit welchen die Myxomyceten, wie de Bary selbst bemerkt, wenig Uebereinstimmendes haben, als vielmehr auf diejenigen Wesen, welche gewiss mit Unrecht mit den Polythalamien zu einer Ordnung zusammengestellt zu werden pflegen, nämlich die wasserbewohnenden Amöben.

Gegen die auf eine Aehnlichkeit der Myxomyceten mit den letzteren gegründete Ansicht von der thierischen Natur der ersteren ist aber folgendes einzuwenden. Zunächst ist es, vorausgesetzt, die Amöben sind selbständige Thiere, unstatthaft, ein einzelnes vorübergehendes Stadium, wie es die amöbenartigen Gebilde der Myxomyceten sind, mit einem selbständigen Thierorganismus zu vergleichen und daraus auf die Thiernatur der letzteren zu schliessen. Nun ist es aber sogar wahrscheinlich, dass die Amöben selbst nichts anderes als Entwickelungsstadien verschiedener Organismen darstellen. De Bary erinnert selbst an die oben erwähnten amöbenartigen Zustände der Gregarinen, nach Cienkowsky*) nehmen auch Monaden, namentlich die in Spirogyra schmarotzende Monas parasitica, vorübergehend die Form und Bewegung einer Amöbe an; nach Stein und Carter ist diess auch der Fall bei gewissen Vorticellen und nach dem letztgenannten, sowie nach meinen eigenen Beobachtungen auch bei Euglenen; und andererseits weist de Bary sogar, und wie mir scheint mit Recht nach, dass die wasserbewohnenden Amöben grossentheils wahrscheinlich nur Entwickelungszustände der Myxomyceten selbst sind. Dazu kommt endlich noch, dass amöbenartige Gebilde im Thierreich häufig als blosse Structurelemente oder zufällige Erscheinungen im Innern von höheren und niederen Thieren auftreten. Hierher gehören z. B. die Spongillen, deren Körper nach Lieberkühn**) aus amöbenartigen Zellen besteht, welche zwar von Perty als selbständige Thiere (die ganze

*) Pringsheim's Jahrbücher, I. p. 371.

**) Müller's Archiv, 1856 p. 1.

Spongille also als eine Colonie), von Dujardin und Lieberkühn dagegen wohl mit grösserem Recht als blosse Structurelemente (die ganze Spongille als Individuum) betrachtet werden. Und selbst die contractilen Pigmentzellen („Chromatophoren"), welche J. Müller bei den Cephalopoden und W. Busch*) bei den Froschlarven beobachtete, scheinen zu den amöbenartigen Bildungen zu gehören. Aus der Uebereinstimmung eines einzelnen Entwickelungsstadiums der Myxomyceten mit Bildungen, welche im Thierreich nur in vorübergehender und untergeordneter Weise auftreten und höchst wahrscheinlich keine specifische Selbständigkeit haben, kann aber für die Stellung der Myxomyceten zum Thier- oder Pflanzenreich offenbar nichts gefolgert werden. —

Wenn wir im Vorhergehenden gesehen haben, dass die Myxomyceten nur in einem Zwischenstadium in Beziehung auf chemische Beschaffenheit und Bewegungserscheinungen mit gewissen Erscheinungen innerhalb des Thierreichs übereinstimmen, dass aber nicht weniger im Pflanzenreich sich hierfür bestimmte Analogieen finden, und dass andererseits das Culminationsstadium, die Fructification, einen entschieden pflanzlichen Charakter hat, während es hierfür, nämlich für Sporen mit einer Zellstoffmembran, entstanden im Inneren einer Zellstoff-Zelle, sowie für Fadenzellen mit einer in spiraliger Richtung ausgeweiteten**), resp. verdickten Membran, an einer Analogie im Thierreich fehlt, — dass auch in Beziehung auf die Ernährung die Myxomyceten, da wenigstens in dem Stadium, wo Wachsthum und Ernährung am intensivsten sind, keine die Aufnahme fester Nahrungsstoffe bezeugenden Thatsachen vorliegen, sich nicht anders als andere Pilze zu verhalten scheinen, so ist damit wohl genügend erwiesen, dass einstweilen kein Grund vorhanden ist, jene Wesen aus dem Pflanzenreich, wohin sie bisher durch den Instinct aller Beobachter gestellt wurden, hinweg zu versetzen. —

Wenn ich ausführlicher auf diese Erörterung eingegangen bin, um die Ansprüche der Botanik an jene interessanten Organismen zu vertheidigen, so geschah diess nicht sowohl nach dem Grundsatz des „historischen Rechts" als nach dem „der natürlichen Grenzen". Denn ob die Myxomyceten hinfort ihren Namen mit

*) Müller's Archiv, 1856 p. 415.

**) Eine specielle Analogie für diese Bildung bieten die an einem anderen Ort genauer zu beschreibenden Haare im Schlund der Blume von Verbena Melindres.

dem der „Mycetozoen" vertauschen, ob sie in Zukunft in der zoologischen Literatur anstatt in der botanischen ihren Platz finden, kann aus praktischen Gründen für unzweckmässig erkannt werden, wesentlich ist es nicht, und kleinlich wäre es, deshalb eine Untersuchung anzustellen. Dagegen erhält die Vertheidigung der pflanzlichen Natur ein bestimmtes theoretisches Interesse dadurch, dass diese Wesen, so wie sie sich gerade durch de Bary's Untersuchung darstellen, sich nicht nur den übrigen Vegetationsprocessen zur Seite stellen, insofern auch hier wie dort die Primordialzelle nicht wie gewöhnlich als Bestandtheil des Zelleninhalts, sondern in einem gewissen Moment der Entwickelung (Keimbläschen der Phanerogamen, Centralzelle des Archegonicums, Zoospore der Algen) sich als ein selbständiges thierähnliches Stadium in die Kette der specifischen Pflanzenentwickelung einschaltet, sondern dadurch, dass überdiess die Gruppe der Myxomyceten gleichsam die besondere Aufgabe übernimmt, dieses bei allen übrigen Pflanzen nur schnell vorübergehende und untergeordnete Entwickelungsstadium, das Leben der freien Primordialzelle, in umfassender Weise zu entfalten, zu einer höheren Geltung zu bringen und dieses Moment der Pflanzenentwickelung in ein helleres Licht zu setzen, eine Aufgabe, welche dadurch erreicht wird, dass 1) der Zustand der Primordialzelle bei dieser unserer Gruppe die ganze vegetative Periode des Individuums ausfüllt, 2) dass sich in dem Lebenslauf der Primordialzelle wieder drei unter sich verschiedene aufeinanderfolgende Stadien (Schwärmer, Amöbe, Sarcodestrang) unterscheiden, und dass 3) das erste Stadium sich durch wiederholte Abschnürung nach Art der Theilung des Primordialschlauches in der fertigen Zelle, in mehrere Generationen theilt.

Anatomische Untersuchungen über die Farben der Blüthen.

Von

Dr. F. Hildebrand.

Die Farben der Pflanzen bieten ein weites, stellenweise sehr schwieriges und vielfach noch wenig bearbeitetes Feld der Untersuchung. Die Aufgabe des folgenden Aufsatzes ist nun, etwas von denjenigen Verhältnissen zu besprechen, welche näher zur Pflanzen-Anatomie gehören, und zwar sind nur die Blüthenfarben in den Kreis der Untersuchung gezogen: es wird sich hierbei zuerst darum handeln, unter welcher Form die färbenden Stoffe auftreten, um dann zu sehen, wie diese im Gewebe der Blüthenorgane vertheilt sind.

In der Literatur findet sich, mit Ausnahme der zahlreichen Abhandlungen über das Chlorophyll, nur wenig über diesen Punct; die Angaben beschränken sich hauptsächlich auf Folgendes. v. Mohl sagt in der „vegetabilischen Zelle", p. 47: Ueber die anatomischen Verhältnisse der übrigen Pflanzenfarben wissen wir noch sehr wenig. Die rothen und blauen Farben sind gewöhnlich im Zellsaft aufgelöst, namentlich der rothe Farbstoff der im Herbst sich roth färbenden Blätter, der meisten Blüthen und der rothen Früchte, sowie der blaue Farbstoff der meisten Blüthen. Nur in sehr seltenen Fällen findet sich der rothe und blaue Farbstoff der Blüthen in Form von Kügelchen, z. B. der rothe bei Salvia splendens, der blaue bei Strelitzia Reginae. Ob hier das Pigment ebenfalls wie das Chlorophyll an einen fremden, ein Kügelchen

bildenden Rest gebunden ist, oder für sich allein das Kügelchen bildet, ist unbekannt. Die gelbe Farbe der im Herbste sich entfärbenden Blätter besteht aus verändertem Chlorophyll (Xanthophyll); in den Blüthen kommt das gelbe Pigment gewöhnlich unter der Form von Kügelchen, aber auch in anderen Fällen gleichmässig im Zellsaft verbreitet vor; in den gelben Perigonalblättern von Strelitzia besitzt es die Form von dünnen, halbmondförmig gebogenen und unregelmässig gewundenen Fasern, die im Zellsafte schwimmen." — Aehnlich sind die Angaben bei Unger: Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1855 p. 110. Bei Schacht: Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse, finden sich folgende Stellen, I. p. 65: „Die übrigen" (nachdem das Chlorophyll behandelt) „Farbstoffe sind grösstentheils noch sehr wenig bekannt, sie finden sich entweder gelöst oder vertheilt im Pflanzensaft, seltener in die Wandung der Zellen selbst aufgenommen (Preissia commutata), oder in Gestalt kleiner Kügelchen", und II. p. 292: „Die Farbenschattirungen, welche wir bei vielen Blumen bewundern, entstehen durch die verschieden gefärbten Säfte nebeneinander liegender Zellreihen, namentlich sind es hier die Verzweigungen der Gefässbündel, welche, indem sie das Blumenblatt durchziehen, oft die schönsten Zeichnungen hervorbringen."

Man sieht hieraus, dass es ganz zweckmässig sein wird, einen kleinen Beitrag zu diesem Theile der Pflanzen-Anatomie zu geben.

1. Die Form der färbenden Stoffe.

In den untersuchten Blüthen fand es sich niemals, dass ihre Farbe von einer Färbung der Zellenwandungen herrührte, vielmehr war dieselbe immer durch die Beschaffenheit des Zellinhaltes bedingt. Im Zellinhalt sind nun drei Fälle zu unterscheiden: entweder ist der ganze dünnflüssige Zellsaft gefärbt, oder die Farbe ist an feste, im Zellsaft schwimmende Körper gebunden, endlich kommt der merkwürdige Fall vor, dass sowohl der Zellsaft als die festen, in ihm schwimmenden Körper, und zwar verschieden gefärbt sind, was bei dem Ansehen mit unbewaffnetem Auge eine aus beiden combinirte Farbe erscheinen lässt, z. B. ist das brennende Roth der Canna-Arten, ferner bei Tulipa suaveolens etc., aus Gelb und bläulichem Roth zusammengesetzt, das Braun der Scopolina atropoides aus Violett und grünlichem Gelb u. s. w.

Wir wollen nun die verschiedenen Farben der Reihe nach durchgehen und sehen, wie dieselben vorkommen, ob an feste oder flüssige Substanzen gebunden; der dritte, so eben erwähnte Fall findet seine nähere Besprechung besser bei der Vertheilung der Farbstoffe.

Blau.

Die blaue Farbe der Blüthen rührt in den meisten Fällen von der blauen Färbung des Zellsaftes her; Beispiele hierzu liefern: Anemone hepatica, Linum usitatissimum, Nemophila insignis, verschiedene Arten von Veronica und Sollya, viele Boragineen wie Borago officinalis, Pulmonaria Virginiana, Myosotis-Arten; ferner Centaurea Cyanus etc. Nur in zwei Fällen fanden sich feste, blau gefärbte Körper im farblosen Zellsafte schwimmend.

Der erste dieser Fälle ist der schon lange bekannte und mehrfach angeführte von Strelitzia Reginae; die dunkelblau gefärbten inneren Perigonalblätter verdanken hier ihre Farbe der äussersten Zelllage: die hier befindlichen Zellen (Fig. 1.) enthalten eine grosse Anzahl von blauen Körnchen, welche in dem farblosen Zellsaft ziemlich dicht gedrängt sind, nur in der Mitte der Zelle sind sie nicht vorhanden, indem hier der zum Umfang der ganzen Zelle verhältnissmässig grosse, farblose Zellkern liegt. Die blauen Körnchen haben höchstens einen Durchmesser von $\frac{1}{500}$ Millim., sie scheinen nur in ihrer Aussenschicht den blauen Farbstoff zu enthalten, bei einer Zerreibung der Zellen wird das Wasser blau gefärbt, und es schwimmen farblose Kügelchen darin, ebenso wird bei Anwendung von Alkohol der Zellinhalt blau, und farblose, sehr kleine Kügelchen bleiben zurück.

Der zweite Fall fand sich im Laufe der Untersuchung bei den Blüthen von Tillandsia amoena: Die Zipfel des äusseren Perigons sind heller, die des inneren dunkel-indigblau gefärbt; die Färbung rührt von heller oder dunkler blau gefärbten Körpern her, welche sich in allen Zellen der Blattspitze je einer, seltener mehrere zugleich, in dem farblosen Zellsafte schwimmend finden (Fig. 2.); dieselben sind kugelrund, durch Alkohol werden sie allmälig vom Rande aus aufgelöst, und man kann hierbei deutlich sehen, dass sie keine Bläschen, sondern solide Kugeln sind; der farblose Zellsaft wird durch die Auflösung der Kugeln blau gefärbt; dieselben enthalten ausserdem bisweilen Vacuolen, die als solche bei der Auflösung deutlich zu erkennen sind. Der Durchmesser der Farbkugeln ist $\frac{1}{250}$—$\frac{8}{250}$ Millim.; durch Schwefelsäure werden die-

selben rosenroth gefärbt, und bei diesem Vorgange findet eine Umwandlung in der ganzen Substanz statt, was an der Bewegung im Innern der Kugel bemerklich: es tritt dabei an der einen Seite ein Theil hervor, das ganze scheidet sich in dichtere und weniger dichte Substanz, und zieht sich zuletzt wieder in eine gleichmässig dicke Masse zusammen. Chlorwasserstoffsäure färbt die Kugeln roth und löst sie dann auf, dasselbe thut Salpetersäure; Ammoniak bewirkt eine Auflösung unter grünlicher Färbung; durch Kali werden die Kugeln gleichfalls aufgelöst; Jod färbt sie gelblich.

Die ähnliche blaue Färbung der Perigonalblattspitzen bei Billbergia iridifolia führte auf den Gedanken, dass hier auch blaue Kügelchen vorhanden sein möchten, doch ergab sich bei der Untersuchung, dass die Färbung von dem blauen Safte der an der Blattspitze gelegenen Zellen herrührte.

Violett.

Die violette Farbe findet sich immer an den Zellsaft gebunden, z. B. bei Viola odorata, Nemophila atomaria, Epimedium violaceum etc. Nur bei Amorpha fruticosa und in den Zellen des Blumenkronenschlundes von Gilia tricolor schwammen in dem violett gefärbten Zellsaft in jeder Zelle je ein dunkler-violettes kugelförmiges Körnchen, bei Gilia tricolor waren deren manchmal auch mehrere kleinere vorhanden (Fig. 3.); ausserdem fand sich bei einer violettgrauen, rothgestreiften Papaver-Blüthe in den Zellen je ein dunkelviolett gefärbter Körper mit verschwimmenden Umrissen.

Roth.

Bei dem Roth sind Unterschiede zu machen zwischen Rosenroth und Hochroth; natürlich finden sich Zwischenstufen.

Die rosenrothe Farbe kommt nur an den Zellsaft gebunden vor, z. B. bei den verschiedenen rothen Rosen, bei Habrothamnus elegans, Anemone iaponica, Arten von Aquilegia, Varietäten von Aster chinensis, Dahlia variabilis, Hyacinthus orientalis etc.

In gleicher Weise, nur mit einigen Ausnahmen, verhält es sich mit dem Hochroth, z. B. bei Cydonia iaponica, Lychnis chalcedonica, Phaseolus multiflorus, Pelargonium zonale, Salvia Heerii etc.; bei Salvia splendens giebt v. Mohl die Färbung als von rothen Körnern herrührend an, es fand sich aber weder bei dieser Art, noch bei anderen hochrother körniger Inhalt in den Zellen, bei Salvia splendens führten dieselben einen hochrothen Saft und wenige gelbe

Körnchen. Von roth gefärbten festen Körperchen fanden sich nur folgende Beispiele: Bei Aloe subverrucosa ist das Perigon an der unteren Hälfte auf der Aussenseite hellgelblichroth gefärbt, diese Färbung ist hier dadurch bewirkt, dass die äussersten, etwa 6, Zelllagen ausser dem farblosen Saft kleine gelbrothe Körperchen enthalten, in den äusseren Zellen mehr, in den inneren weniger zahlreich; diese Körperchen entfärbten sich bei Anwendung von Alkohol, sie sind kugelig oder wurmförmig und liegen der Zellwandung oder dem sehr grossen Zellkern an. Aehnliche Verhältnisse kommen bei Aloe incurva und wahrscheinlich auch bei anderen Aloe-Arten vor.

Bei Verbena chamaedrifolia ist die Oberseite des flachen Blumenkronensaumes brennend roth gefärbt; die Unterseite ist heller roth; die Zellen der oberen Lage sind nur mit dunkelrothem Saft angefüllt, hingegen enthalten die der untersten Lage einen hellrothen Saft und ausserdem je ein dunkelrothes Körnchen (Fig. 4.); doch kommen auch ganze Zellparthieen auf der Unterseite vor, wo nur rother Zellsaft vorhanden ist und kein festes Kügelchen.

Das beste Beispiel für das Vorkommen rother Körnchen liefert Adonis autumnalis (vielleicht ähnlich bei A. flammea und aestivalis); die Zellen der blutroth gefärbten Blüthenblätter enthalten (d. h. nur die der äusseren Zelllage) eine grosse Anzahl von dunkelrothen Körnchen, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{250}$ Millim. ist, sie schwimmen in einem farblosen Zellsaft; auf der intensiver gefärbten Oberseite sind sie zahlreicher vorhanden als auf der Unterseite; die dunkle, fast schwarze Farbe am Grunde der Blüthenblätter rührt daher, dass sich hier in den Zellen ausser den hochrothen Körnchen ein hell- bis dunkelvioletter Saft befindet (Fig. 5.).

Bei den angeführten Blüthen wird das hochrothe Ansehen durch die einfache hochrothe Färbung bewirkt; von den anderen Fällen, wo das Hochroth aus den zugleich gesehenen Farben Rosenroth oder bläulich Roth und Gelb entsteht, wird später die Rede sein.

Orange.

In vielen Fällen, wo sich die orange Farbe in den Blüthen dem unbewaffneten Auge zeigt, ist dieselbe durch roth gefärbten Saft und gelbe Körnchen hervorgerufen, nur in einzelnen Fällen ist dieselbe einfach vorhanden; und zwar dann immer (mit seltenen Ausnahmen, z. B. einiger Varietäten von Dahlia variabilis, von Mesembryanthemum verruculatum, sowie Crocus Savianus) an feste

Körper gebunden: dahin gehören die Blätter des äussersten Perigons von Strelitzia Reginae, hier enthalten alle Zellen einen farblosen Saft, in welchem zahlreiche orange Körper schwimmen (Fig. 6.), dieselben sind spindelförmig und vielfach so lang, dass sie in den Zellen nicht gerade liegen können, sondern sich an den Enden umbiegen; bisweilen sind sie spiralig zusammengerollt, so dass man sie für Ringe hält; man kann sie aber bei ihrer Bewegung im Wasser, wo alle diese Körper unverwändelt bleiben, mit einiger Mühe als spiralig gewundene erkennen.

Die orange gefärbten Blüthenblätter bei Caiophora lateritia erhalten ihre Färbung von sehr kleinen orange Körnchen, welche in dem farblosen Zellsafte schwimmen, ebenso wird die dunkelorange Farbe der Blumenblätter von Lilium Chalcedonicum durch zahlreiche orange runde Körnchen hervorgerufen, welche sich in allen Zellen der Blumenblätter finden; gleichfalls durch orange Körner bewirkt wird die Blüthenfarbe von Thunbergia aurantiaca, Calendula officinalis, Erysimum Periscianum, sowie Dyckia remotiflora.

Auch noch in anderen Fällen kommen orange Körper vor, sie schwimmen aber zum Theil in einem rothen Zellsaft und sind daher nicht die alleinigen Ursachen der Blüthenfarbe; hierher gehören die orange gefärbten Körnchen in der obersten Zelllage bei den Randblüthen von Zinnia elegans, ferner die orange Körperchen bei Eccremocarpus scaber (Fig. 7.): diese haben eigenthümliche Formen, sie sind entweder spindelförmig, aber bedeutend kürzer als bei Strelitzia, oder dreihörnig; sie sind von schleimiger Beschaffenheit, haben ein körniges Ansehen und in ihrem Inneren manchmal einige hellere Puncte. Aehnliche Körper wie bei Strelitzia Reginae kamen auch bei einer Art Aeschinanthus vor, aber sie waren hier nicht so lang wie dort und weniger zahlreich.

Gelb.

Zwischen Gelb und Orange ist keine scharfe Grenze zu ziehen, ebensowenig wie zwischen den anderen benachbarten Farben, es werden daher einige der schon unter Orange erwähnten Körper auch hierher gezogen werden können, z. B. die von Strelitzia, Eccremocarpus und Aeschinanthus.

Nur in wenigen Fällen rührt die gelbe Färbung der Blüthen von einem gelben Zellsafte her, wie bei den gelben Varietäten von Dahlia variabilis; in den meisten Fällen ist die gelbe Farbe an

Körper gebunden, welche sich von dem farblosen dünnflüssigen Zellsaft unterscheiden und in ihm schwimmen. Bei den untersuchten Arten von Acacia, z. B. A. floribunda, Benthami, imbricata, dealbata (Fig. 8.) rührt die gelbe Farbe des Perigons und der Staubfäden zwar daher, dass in den Zellen eine dicke, gelbe, flüssige Masse enthalten ist, diese füllt aber die Zellen nicht ganz aus, unterscheidet sich an Dichtigkeit bedeutend von dem farblosen Zellsaft und ist von diesem scharf getrennt, als ein oder zwei Theile der Zellwand anliegend; bei Anwendung von Alkohol oder Kali fliesst dieser gefärbte dicke Saft mit dem dünnen ungefärbten zusammen und der ganze Zellinhalt erscheint dann gelb gefärbt.

In allen übrigen Fällen war die gelbe Farbe an solide Körperchen oder an Bläschen, welche im Zellsafte in grösserer oder geringerer Anzahl schwammen, gebunden. Nicht immer lässt sich unterscheiden, ob die gelben Körper Körnchen oder Bläschen sind, gewöhnlich erschienen sie da als Körnchen, wo sie von geringerer Grösse waren, doch kommen auch grössere solide gelbe Körper vor, z. B. bei Edwardisia grandiflora und Gilia tricolor, wo dieselben ein schleimiges Ansehen haben.

Beispiele für einen feinkörnigen gelben Stoff liefern Argemone mexicana, Kerria iaponica, Waldsteinia geoides, Tulipa sylvestris, Gentiana lutea, Chrysanthemum segetum etc., ferner die hochrothen Blüthen von Tulipa suaveolens, der Canna-Arten, von Lachenalia quadricolor, Russelia iuncea etc., die braunrothen von Hemerocallis fulva und Fritillaria imperialis, die braunen von Cheiranthus Cheiri, Cypripedium pubescens etc.

In einzelnen Fällen sind die gelben Körper bei ihrer Grösse deutlich als Bläschen zu erkennen, es ist aber nicht immer genau zu sagen, ob sie durchweg gelb gefärbt sind, oder nur eine feinkörnige Substanz in ihrem Innern, oder allein die diese umgebende Membran die gelbe Färbung besitzt. Bei Eranthis hiemalis haben die Bläschen einen Durchmesser von circa $\frac{1}{250}$ Millim., bei Linum trigynum von $\frac{1}{250}$ bis über $\frac{2}{250}$ Millim., hier sind dieselben bald ganz, bald nur zum Theil mit sehr feinen gelben Körnchen angefüllt, beim Zerreissen der Zellen schwimmen die Farbebläschen, ohne sogleich zu zerreissen, frei im Wasser. Die grossen Farbebläschen von Hibbertia dentata haben gleichfalls einen feinkörnigen Inhalt in starker Molukularbewegung; im Wasser platzen sie auf und entlassen ihren Inhalt; bei dieser Gelegenheit sieht man, dass auch ihre Membran gelb gefärbt ist. Die Farbebläschen von Dil-

lenia scandens enthalten bisweilen Vakuolen in ihrem feinkörnigen Inhalt (Fig. 9.). — Bei der citronengelb gefärbten Blüthe von Sternbergia lutea finden sich in den Zellen gelbe kugelige Farbebläschen, welche beim Austritt ins Wasser nicht zerplatzen; dieselben haben keinen körnigen Inhalt und ihre Färbung scheint allein an die Membran gebunden zu sein.

Grün.

Wo die grüne Färbung in den Blüthen auftritt — häufiger kommen einzelne grüne Stellen vor, seltener ganz grün gefärbte Blüthen, wie bei Evonymus, Scleranthus, Paris etc. — ist sie immer durch das, in den betreffenden Zellen vorkommende Chlorophyll hervorgebracht, nur in einem Falle, bei der grünblüthigen Varietät von Medicago sativa, fand sich grüner Saft; ich konnte hier nicht bestätigen, dass die grüne Farbe durch das Zusammenliegen von Zellen mit blauem und Zellen mit gelbem Inhalt hervorgebracht würde.

Indem die braune oder graue Farbe nicht als solche in den Blüthen vorkommt, sondern durch das Zusammenwirken zweier verschiedener Farben hervorgebracht wird, so kann auch natürlicher Weise hier nicht von einem braun oder grau färbenden Stoffe gesprochen werden; diese Farben werden besser bei der Vertheilung der Farbstoffe Erwähnung finden. Das schwarze Ansehen wird niemals durch einen schwarz gefärbten Zelleninhalt hervorgebracht, sondern durch den sehr dunklen Ton von Farben, namentlich von Violett.

Anmerkung: Erst bei späterer Untersuchung fanden sich einige Ausnahmen von dem oben Gesagten: bei Neottia nidus avis wird die braune Färbung der ganzen Pflanze durch einen festen bräunlichen Stoff hervorgebracht, welcher in Form von Körnchen oder Spindeln in dem farblosen Zellsaft schwimmt; ferner wird die braune Färbung der Blüthenblätter einiger Arten von Delphinium durch braunen Zellsaft hervorgebracht; endlich ist das schwarze Ansehen der Flecken auf den Blüthenblättern von Vicia Faba eine Folge davon, dass hier die Zellen mit dunkelbraunem Safte erfüllt sind.

2. Vertheilung der färbenden Stoffe in dem Zellgewebe.

Die Farbstoffe sind in verschiedener Weise vertheilt, entweder finden sie sich in allen Zellen des gefärbten Organs, oder sie sind auf die äussersten oder einige der äussersten Zelllagen beschränkt,

so dass also das innere Gewebe farblos ist; einzelne Fälle finden sich auch, wo die ganz äusserste Zelllage farblos ist und die Färbung erst ihren Sitz in den folgenden Lagen hat.

Der erste Fall, bei welchem alle Zellen gefärbt sind, ist im Allgemeinen der seltenere, und wenn er vorkommt, so findet man doch vielfach einen Unterschied in der Intensität der Färbung, indem diese in den mittleren Gewebsschichten schwächer ist, als in den äusseren. Beispiele für die gleichmässige Färbung des ganzen Gewebes fanden sich fast nur bei orange Blüthen, einigen mehr zum Roth, anderen mehr zum Gelb hinneigend; dahin gehören besonders die Blüthen folgender Pflanzen: Strelitzia Reginae, Dyckia remotiflora, Lilium Chalcedonicum; in allen diesen Fällen war der Farbstoff an feste Körper gebunden, die im farblosen Zellsaft schwammen, ebenso wie bei den durchweg blau gefärbten Spitzen der Perigonalblätter von Tillandsia amoena.

Ziemlich zahlreiche Beispiele finden sich für den Fall, wo zwar auch alle Zellen des Gewebes gefärbt sind, wo aber diese Färbung eine verschiedenartige ist, anders in den Zellen der äusseren Schicht, anders in denen der inneren, wodurch dann bei dem Durchscheinen der letzteren durch die erstere eine dem unbewaffneten Auge aus beiden zusammengesetzt erscheinende Farbe zu Wege kommt; hierher gehören viele braune und brennend hochroth gefärbte Blüthen: bei Scopolina atropoides (Fig. 10.) erscheint die Aussenseite der Blüthenkrone braun, die Innenseite schmutzig gelb; die Farbstoffvertheilung ist hier folgende: die Zellen der äussersten Lage, geschlängelt und platt, enthalten einen reinvioletten Saft und einige grünlichgelbe Körnchen, der Saft aller folgenden Zelllagen ist farblos, sie enthalten aber grünlichgelbe Körner, weniger die Zellen der mittleren als die der letzten Lage, welche eine Papillengestalt haben; das grünliche Gelb und reine Violett zusammengesehen erscheinen als Braun.

Aehnlich verhält es sich bei den Arten von Asarum, wo die Innenseite des Perigons braunroth gefärbt ist; hier enthalten die Zellen der inneren Lage einen dunkelvioletten Saft, der Saft der folgenden Zellen ist farblos, sie führen aber Chlorophyll; hier entsteht das Braun aus Violett und Grün. Aehnlich ist er bei Anona triloba, wo beide Blattseiten braun gefärbt; die äusseren Zellen enthalten dunkelvioletten Saft und wenig Chlorophyll, bei den mittleren Schichten ist der Saft farblos und das Chlorophyll in grösserer Menge vorhanden; ebenso verhält es sich mit den braun-

rothen Blüthen von Calycanthus floridus. Bei den braun gefärbten Perigonalblättern von Cypripedium pubescens fanden sich die Zellen der obersten und untersten Lage mit violettem Saft angefüllt und enthielten ausserdem wenige feine gelbe Körnchen; der Saft in den Zellen der mittleren Lagen war farblos, hingegen fanden sich dort zahlreiche grosse gelbe Körner. — Eigenthümliche Verhältnisse kamen bei dem braungrauen Perigon von Muscari comosum vor: die Zellen der äussersten Lage enthielten einen gelben Saft, keinen festen Inhalt, der Saft der folgenden war violett, gemischt mit gelben Körnern, die Zellen des inneren Gewebes enthielten gelbe Körner und theilweise violetten, theilweise farblosen Saft. — Aehnlich wie mit diesen bräunlichen Blüthen verhält es sich mit den braunrothen und mehreren brennend roth gefärbten, doch ist hier der Sitz der Farbe meist nur in den äussersten Zelllagen, weshalb bald von ihnen die Rede sein wird.

Die meisten Blüthen sind in der Weise gefärbt, dass nur eine oder wenige der äussersten Zelllagen einen Farbstoff besitzen; bisweilen kommt es sogar vor, dass die Färbung sich nur auf eine Zelllage der Oberseite der Blüthenblätter erstreckt, indem die folgenden und auch die innersten farblos sind; es gehört hierher z. B. Hepatica triloba; ausserdem ist in allen übrigen Fällen, wo beide Seiten des betreffenden Organs gefärbt sind, ein Unterschied in der Intensität der Färbung zu bemerken, je nach dem grösseren oder geringeren Einfluss des Lichtes; die scheinbaren Ausnahmen, welche hiervon vorkommen, z. B. in dem dunkel-gefärbten Schlund vieler Blüthen, sind wohl mehr dem Naturell der Pflanzen zuzuschreiben. Geht die Färbung einer Stelle an ihrem Rande allmälig in Farblosigkeit über, so ist das in der Weise bewirkt, dass entweder der Saft allmälig heller wird, die Farbekörper heller und geringer an Zahl, oder es treten zwischen den gefärbten Zellen allmälig farblose auf; meistentheils gehen beide Fälle Hand in Hand; ähnlich verhält es sich bei dem Uebergange von einer Farbe in eine andere.

Von den zahlreichen Beispielen, wo die Färbung nur an die äusserste Zelllage gebunden ist, seien angeführt: die blauen Perigonalblätter von Strelitzia Reginae, ferner Salvia Heeri, Pelargonium zonale, Nemophila insignis, Arten von Verbena etc.

In den genannten, wie überhaupt den meisten Fällen sind die äusseren Zelllagen nur im Besitz eines einzelnen Farbstoffes; wir haben nun noch den Fall zu besprechen, wo deren zwei zugleich

vorkommen, und für das unbewaffnete Auge eine aus beiden zusammengesetzte Farbe hervorbringen; diese Verhältnisse finden sich bei braunen und braunrothen, einigen brennendrothen und orange Blüthen. Von den ersteren Fällen sind schon einige näher besprochen, einige gefärbte Blüthenblätter bleiben jedoch noch übrig, bei denen die mittleren Zellschichten farblos sind. Bei den braunen Blüthen von Cheiranthus Cheiri finden sich in den Zellen der Oberhaut orange Körner in einem violetten Saft schwimmend, ebenso verhält es sich mit den braunen Stellen auf den Randblüthen von Tagetes pumila und Coreopsis delphiniifolia, ferner bei der braunen Varietät von Tropaeolum minus; die braungefärbten Stellen auf der Unterseite der Blüthenblätter von Adonis vernalis werden dadurch bewirkt, dass hier die Zellen ausser dem feinkörnigen citronengelben Stoffe, wie ihn auch die übrigen besitzen, noch einen violetten Saft führen; bei Bletia Tankervilliae R. Br. (Phaius difolius Lour.), wo ich die merkwürdige Erscheinung der Farbenmischung zuerst beobachtete, führen die Zellen der obersten Lage einen bläulichrothen Saft uud zahlreiche gelbe Körner von minder oder mehr spindelförmiger Gestalt, diese sind meistens um den Zellkern geschaart; wo das Braun in Gelb übergeht wird der Zellsaft allmälig heller, bis er zuletzt farblos ist; den Spaltöffnungszellen, die schon dem blossen Auge als helle Puncte im Braun erscheinen, fehlt der gefärbte Saft (überhaupt sind Spaltöffnungen auf Blüthenblättern keine seltene Erscheinung). Die entschieden braune Farbe der Blüthen von Lotus Jacobaeus rührt daher, dass die Zellen der äusseren Schicht sowohl goldgelben körnigen Stoff, als violett gefärbten Zellsaft enthalten; meistentheils findet sich in dem violett gefärbten Saft ein Theil, der kondensirter erscheint und intensiver gefärbt, namentlich gut ist dies auf der Unterseite des Vexillum zu beobachten. Auch an den braunen Stellen der Varietäten von Viola tricolor ist dieselbe Farbe durch goldgelbe Körner und violetten Saft hervorgebracht. In beiden letztgenannten Fällen ist es nöthig, die stark papillösen Zellen von der Seite zu betrachten, nicht nur von oben, um die Trennung der beiden Farben deutlich zu sehen.

Aus allen diesen Beispielen, sowie aus den schon vorher angeführten, sieht man, dass die unbestimmte Farbe Braun, mit Ausnahme der p. 66 angeführten Fälle, aus einer Mischung der drei Hauptfarben entsteht, und zwar aus einer reinen und deren komplementären: aus Gelb und Violett, oder Roth und Grün; oder

aus zwei gemischten: Violett und Grün, oder Orange (Goldgelb) und Violett.

Aehnlich verhält es sich mit dem bei verschiedenen Arten von Iris vorkommenden Grau; namentlich ist Iris Persica reich an Farbenwechsel: an den dunkel-violettbraunen Stellen führen die Zellen einen dunkelvioletten Saft und goldgelbe Körner, an den orange gefärbten Stellen ist der Saft farblos, die zahlreichen Körner goldgelb, an den grauen führen die Zellen einen hellen, blauen oder violetten Saft und goldgelbe Körner (Fig. 11.), das Grau ist mehr bräunlich oder mehr bläulich, je nach der verschiedenen Intensität der dasselbe hervorbringenden Farben. Ueberhaupt zeichnen sich die Iris-Arten durch verschiedene Töne in der Färbung aus, alle diese Verschiedenheiten werden aber hervorgerufen durch die verschiedenen Mischungen von goldgelben oder hellgelben Körnchen mit blauem oder violettem Zellsaft.

Die braunrothe Färbung wird immer durch das Zusammenwirken gelber oder orange gefärbter Körner mit rothem oder violettem Saft hervorgebracht; als Beispiele seien nur kurz angeführt: Fritillaria imperialis, Colutea cruenta, Hemerocallis fulva. Bei Fritillaria imperialis sind hauptsächlich 4 verschiedene Farbentöne in den Zellen vorhanden (Fig. 12.): das Gelb der Körnchen, d., und die 3 Nüancen des Roth, a, b, c.; die dunklere braune Farbe der Blüthe wird hervorgebracht durch das Zusammenwirken von b. und d., die hellere durch c. und d., die der dunkleren Streifen im helleren Braun durch a. und d. — Bei den rothen Stellen des Perigons von Hemerocallis rutilans ist es merkwürdig, dass die äusserste Zelllage neben den gelben Körnern einen farblosen Saft enthält, erst die Zellen der folgenden Schicht führen violettrothen Saft.

Es bleiben noch die brennendrothen und orangefarbenen Blüthen zur Besprechung übrig, welche ihre Farben durch eine Mischung von Roth mit Gelb oder Orange erhalten, und zwar in der Weise, dass die äussere Zellschicht bläulich-rothen Saft und gelben körnigen Inhalt führt, während die folgenden immer entweder ganz farblos sind, oder gelben oder orangefarbenen körnigen Inhalt haben. Einige Beispiele mögen näher erwähnt werden: die Perigonalblätter von Tulipa suaveolens haben auf der Ober- und Unterseite eine feuerrothe Farbe, die nach der Spitze zu allmälig, am Grunde plötzlich in citronengelb übergeht; die Zellen der Aussenseite sind langgezogen, und enthalten, wo sie an den gelben Stellen

liegen, kleine gelbe Körner und farblosen Saft, an den feuerrothen Stellen ausser den gelben Körnern einen blaurothen Saft; an dem Uebergange ins Gelbe sind Zellen mit farblosem und solche mit rothem Saft gemischt; auf die äusserste Zelllage folgt eine, deren Zellen zahlreiche gelbe Körner und farblosen Saft enthalten, die mittleren Zellen führen weniger gelbe Körner. Andere Beispiele sind diese:

Tropaeolum minus, feuerroth.

Oben: gelbe körnige Substanz und rother Saft;
Mitte: farbloser Saft und gelbe Körner;
unten: rother Saft und gelbe körnige Substanz (heller wie oben).

Canna gigantea, brennendroth.

Oberste Lage: rother oder farbloser Saft und gelbe Körper (Fig. 13.);
folgende: gelbe Körper und farbloser Saft;
mittlere: ganz farblos;
vorletzte: gelbe Körper und farbloser Saft;
unterste Lage: rother oder farbloser Saft und gelbe Körper.

Zinnia elegans, Randblüthen: Oberseite brennendroth, Unterseite hellgelb.

Oberste Lage: blaurother Saft und orange Körner;
alle folgenden: farbloser Saft und weniger hellgelbe, mehr spindelförmige Körper.

Rosa bicolor: Oberseite brennendroth, Unterseite gelb.

Oberste Lage: blaurother Saft und gelbe Körner;
alle folgende Lagen: farbloser Saft und gelbe Körner.

Aehnliche Verhältnisse kommen noch vor bei mehreren Gesneriaceen, z. B. Achimenes Giesbrechti, ferner bei Russelia iuncea multiflora, Ruellia formosa, Eccremocarpus scaber (Fig. 7.), Mimulus cardinalis, Quamoclit luteola etc. In allen diesen genannten Fällen wird das Orange und brennende Roth durch gelbe oder orangene Körper und bläulichrothen Zellsaft bewirkt; in eigenthümlich abweichender Weise verhält es sich mit dem brennenden Roth bei Euphorbia fulgens (Fig. 14.), indem dieses dadurch hervorgebracht wird, dass die äusserste Zelllage einen rothen Saft enthält, die folgenden einen röthlich gelben; die inneren Zellen sind farblos, hier und da mit röthlich gelbem Saft.

Im Allgemeinen kann man für die orangefarbenen und brennendrothen Blüthen die Regel aufstellen, dass bei denen, wo das Roth oder Orange an Stellen in Gelb, oder das Roth in Orange übergeht, die brennend rothe Farbe oder das Orange aus bläulichem Roth und Gelb oder Orange zusammengesetzt sei; kommen aber diese Uebergänge nicht vor, und ist die Blüthe ganz einfarbig, so kann man immer vermuthen, dass auch der Zellinhalt nur mit einer Farbe gefärbt ist; für ersteres bieten gute Beispiele: Tulipa suaveolens, die Canna-Arten, Zinnia elegans, Rosa bicolor, Tropaeolum minus, Quamoclit luteola; für letzteres: Pelargonium zonale, Lychnis Chalcedonica, Phaseolus multiflorus, Cydonia iaponica etc. — Eigenthümlich ist es, dass man beim Malen zur Hervorbringung des brennenden Roth dieselbe Methode anwendet, wie wir sie in einzelnen Blüthen verwirklicht finden; man mischt nicht Dunkelroth und Gelb, was durchaus keine brennende Farbe hervorbringt, sondern trägt erst die eine Farbe auf und legt dann über diese, wenn sie getrocknet, die andere — man hat dies wohl kaum von der Natur gelernt.

Endlich sind noch die seltenen Fälle zu erwähnen, wo die äusserste Zelllage farblos ist; erst die zweite und dritte Lage sind der Sitz der Farbe, seltener alle inneren. Dahin gehört Echeveria campanulata: hier ist die äusserste Zellage ganz farblos, erst die Zellen der folgenden Lage enthalten einen blaurothen Saft und gelbe Körner (wodurch die brennendrothe Farbe hervorgebracht), die inneren Zelllagen sind wieder farblos; ähnlich verhält es sich bei Lachenalia quadricolor: eine Lage farbloser Zellen, dann 2 bis 3 Lagen von Zellen mit gelben Körnern, welche dicht gedrängt den Zellwandungen anliegen; an den orangerothen Stellen befindet sich ausser den gelben Körnern ein bläulich rother Saft in den Zellen. Noch ein anderes Beispiel bietet Echeveria fulgens. Auch bei Pulmonaria Virginiana sind die Zellen der äussersten Lage farblos, während alle inneren Zellen einen blauen Saft enthalten.

Eine ganz eigenthümliche Vertheilung der Farben kommt noch bei den drüsigen Hüllblättern von Euphorbia splendens vor, welche, mit unbewaffnetem Auge gesehen, orange erscheinen: die oberste Lage des Gewebes besteht hier aus pallisadenartigen Zellen mit sehr kleinem Querdurchmesser; ein Theil von ihnen ist mit dunkelrosenrothem Saft erfüllt, und diese Zellen liegen so angeordnet, dass sie die Maschen eines Netzes bilden; die in den Zwischenräumen liegenden gleichgestalteten Zellen führen einen farblosen

Saft; die unmittelbar unter dieser oberen Zelllage befindlichen mehr kugeligen Zellen haben einen farblosen Saft und eine körnige, gelbe Substanz in sich, welche, durch den rothen oder farblosen Saft der oberen Zellschicht hindurchscheinend, für das unbewaffnete Auge die orange Farbe hervorruft; ein gleiches Verhältniss findet bei Euphorbia Bojerii Statt.

Um die interessanten Verhältnisse der Farbenmischungen zu beobachten, kommt man oft schon zum Ziele, wenn man einfach die Oberhaut der betreffenden Blüthentheile abzieht und von oben betrachtet; in vielen Fällen hat man aber einen senkrecht geführten dünnen Schnitt nöthig, namentlich wo der Saft in den papillösen Zellen sehr dunkel ist und wo dadurch die noch etwa in ihm befindlichen festen, anders gefärbten Stoffe verdeckt werden, und so die Farbenmischung auch bei der Beobachtung mit dem Mikroskop zu Wege kommt. In den meisten Fällen wird man ohne Mühe die Trennung zweier Farben in einer und derselben Zelle deutlich wahrnehmen. Dass es bei der papillösen Gestalt vieler Oberhautzellen, bei der Betrachtung von oben manchmal so aussieht, als ob sich ein kugeliger Körper in der Mitte der Zelle befände, darf wohl kaum erwähnt werden, und wird zu keiner irrigen Ansicht führen.

Eine eingehende Darstellung davon, wie die Farbe in den Blüthen stellenweise dunkeler oder heller, und wie eine Blüthe mehrere Farben zugleich zeigt, erscheint kaum nöthig, da diese Verhältnisse und ihre Gründe leicht dem Beobachter in die Augen springen: der dunklere oder hellere Ton einer Farbe wird, wie schon erwähnt, dadurch bewirkt, dass der Zellsaft entweder dunkler oder heller gefärbt ist, oder die festen Körper mehr oder weniger zahlreich vorhanden sind, oder dass sich zwischen den gefärbten Zellen farblose finden.

Bei den Angaben der Farben werden vielleicht dem Einen oder dem Anderen Irrthümer vorzukommen scheinen, in welchem Falle daran erinnert werden muss, dass die Erscheinungen der Farben sehr subjectiv sind, dass namentlich die Zwischenfarben Grün, Violett und Orange in verschiedenen ihrer Töne bald zu der einen, bald zu der anderen einfachen Farbe von den verschiedenen Personen gezogen werden; in dem vorliegenden Falle wird das aber von weniger Wichtigkeit sein, da die Hauptsachen, welche auch einige Andere vorurtheilsfrei gesehen, wohl einem Jeden klar in die Augen springen werden; diese sind zum Schluss etwa folgende:

1. Die Farben der Blüthen sind nie an die Zellmembran, sondern immer an den Zellinhalt gebunden.

2. Blau, Violett, Rosenroth und, wenn kein Gelb in den Blüthen, auch Hochroth sind durch den entsprechend gefärbten Zellsaft mit wenig Ausnahmen bedingt.

3. Gelb, Orange und Grün sind znm grössten Theil an feste, körnige Stoffe oder Bläschen gebunden.

4. Braun und Grau, in vielen Fällen auch brennend Roth und Orange, erscheinen nur dem unbewaffneten Auge als solche (Ausnahme s. p. 66); bei der Vergrösserung erkennt man, dass sie aus anderen Farben zusammengesetzt sind, und zwar:

Braun und Grau aus Gelb und Violett oder Grün und Violett, Orange und Violett, Grün und Roth;

brennend Roth und Orange aus bläulich Roth mit Gelb oder Orange.

5. Das Schwarz rührt, mit Ausnahme von Vicia Faba, immer von einem sehr dunkel gefärbten Zellsaft her.

6. In nur wenigen Fällen sind alle Zellen des Organes gleichmässig gefärbt.

7. Meistentheils liegt die Färbung nur in einer oder einigen der äusseren Zellschichten.

8. Ausnahmsweise sind die gefärbten Zellen von einer Schicht ungefärbter eingeschlossen.

9. Die Zusammensetzung der Farben wird in der Weise bewirkt, dass entweder eine und dieselbe Zelle verschieden gefärbte Stoffe enthält, oder dass die verschiedenen übereinander oder nebeneinander liegenden Zellen verschieden gefärbt sind.

Eine kurze Bemerkung sei noch über die Farbenveränderungen in der Blüthe zu verschiedenen Zeiten ihres Aufgeblühtseins erlaubt. Dass viele Boragineen erst während ihres Aufblühens und auch noch unmittelbar nach diesem blau werden, während sie früher eine rothe Farbe hatten, ist wohl allgemein bekannt; manchmal kommt es sogar vor, dass die rothe Farbe während der ganzen Zeit der Blüthe zurückbleibt, wie bei einzelnen Exemplaren von Myosotis palustris; am schönsten ist wohl diese Farbenwandlung bei Lithospermum purpureo-coeruleum und Pulmonaria officinalis zu beobachten. Auch die Blüthen der Ipomaea-Arten haben eine eigenthümliche Farbenwandlung von Roth und Blau, namentlich

ist dies schön zu sehen bei Ipomaea Learii: die Blumenkrone ist hier in der fast zum Aufbrechen entwickelten Knospe roth, beim Aufblühen wird sie rein blau, auf Mittag fängt sie an, sich violett zu färben, und bis sie sich schliesst, ist sie wieder rein roth geworden. Beispiele dafür, dass der Anfangs farblose Zellsaft sich während des Blühens roth färbt, giebt es mehrere: die Anfangs weissen Blüthen von Anemone nemorosa und Trientalis europaea färben sich bisweilen nach und nach rosenroth, regelmässig ist dies bei Trillium grandiflorum der Fall; ein anderes Beispiel giebt Schacht a. a. O., II. p. 293 von Hibiscus mutabilis an, welcher sich am Morgen mit schneeweissen Blumenblättern öffnet, und sich am Abend in dunkelrosenrother Färbung schliesst. Auffallend ist diese allmälige Rothfärbung auch bei Aesculus Hippocastanum, wo man zugleich Blüthen mit gelben, orange und leuchtend rothen Flecken sieht; die ersteren sind die jüngsten, hier ist in den Zellen ein farbloser Saft und gelbe körnige Substanz enthalten, allmälig färbt sich der Saft rosa, wodurch dann der zuerst gelbe Fleck orange erscheint, zuletzt wird der rosa Zellsaft dunkler und das Gelb verschwindet mehr und mehr, wodurch dann der rothe Fleck zum Vorschein kommt. Aehnliches findet bei Caragana Chamlago Statt, wo zuerst die Blüthen gelb sind und sich erst später durch die blaurothe Färbung des Zellsaftes braun färben.

Bonn im October 1860.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. IV.

Fig. 1. Zellen von der Oberfläche der blauen Perigonalblätter von Strelitzia Reginae.

Fig. 2. Zellen aus den Perigonalspitzen von Tillandsia amoena.

Fig. 3. Zelle aus dem Blüthenschlunde von Gilia tricolor.

Fig. 4. Zellen von der Unterseite der Blumenkrone von Verbena chamaedrifolia.

Fig. 5. Zelle aus einem Blumenblatt von Adonis autumnalis, der Stelle entnommen, wo das Blutroth in Schwarz übergeht.

Fig. 6. Zellen aus den gelben Perigonalblättern von Strelitzia Reginae.

Fig. 7. Zellen aus der Blumenkrone von Eccremocarpus scaber.

Fig. 8. Zellen aus den Staubfäden (filamenten) von Acacia dealbata.

Fig. 9. Zelle aus einem Blumenblatt von Dillenia scandens, daneben ein stärker vergrössertes Farbebläschen.

Fig. 10. Scopolina atropoides, links Zellen der Aussenseite der Blumenkrone, rechts Querdurchschnitt durch die Blumenkrone, in der Mitte die Farbe derselben an der Aussenseite.

Fig. 11. Zelle aus der Blüthe von Iris Persica, einer grau erscheinenden Stelle entnommen.

Fig. 12. Farben von Fritillaria imperialis, s. p. 70.

Fig. 13. Canna gigantea, links Zellen der obersten Schicht einer hochroth gefärbten Stelle entnommen; rechts eine Zelle aus einer gelben Stelle; in der Mitte die Farbe der Blüthe.

Fig. 14. Euphorbia fulgens, einige der oberen Zelllagen der Hüllblättchen senkrecht durchschnitten.

Bei einer Vergrösserung von 280 sind gezeichnet die Figuren 3., 5., 10., 11.; von 440: 1., 2., 4., 6., 7., 8., 9., 13. und 14.; von 770: das Farbebläschen bei Figur 9.

Ueber die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzentheilen.

Von

W. Hofmeister.

(Aus den Sitzungsberichten der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften mitgetheilt vom Verfasser.)

Als Th. Andr. Knight durch seinen berühmten Versuch, bei welchem er Saamen auf in schneller Drehung begriffenen Rädern keimen liess*), den Beweis lieferte, dass die Wachsthumsrichtung der Wurzeln nach dem Erdmittelpunkte, das Streben der Stängel nach dem Zenith lediglich durch die Einwirkung der Schwerkraft bedingt werde, da knüpfte er daran den Erklärungsversuch**) des Vorganges, dass die allein an der Spitze der Wurzel sich ansetzenden neuen Theile, während sie noch weich und biegsam seien, und die sie zusammensetzende Substanz aus dem flüssigen in den festen Zustand übergehe, von der Schwerkraft in hinreichendem Maasse beeinflusst würden, um der Wurzelspitze eine Neigung abwärts zu geben; während in den Stängeln, deren Längenwachsthum vorwiegend auf der Streckung zuvor schon organisirter Theile beruhe, bei Ablenkung von der Verticalen der nährende Saft, der Schwere folgend, an der unteren Seite des Stängels sich sammle, hier das Wachsthum beschleunige, und so die Spitze des Stängels aufwärts lenke.

*) Philos. Transact. 1806, 99.

**) a. a. O. 104.

Hiergegen wendete Dutrochet ein*), dass die Erklärung Knight's nicht auf die Fälle des Abwärtswachsens von Stängeln, oder des wagrechten Wachsthums von Wurzeln passe. Er suchte die verschiedenen Wachsthumsrichtungen der in Rede stehenden Organe aus der in Stängeln und Wurzeln verschiedenartigen Entwickelung von Mark und Rinde abzuleiten. Aus dem Umstande, dass an einer abwärts gekrümmten, der Beugung parallel längsgespaltenen Wurzel die an der Aussenseite convexe Längshälfte eine stärkere, die an der Aussenseite concave einen geringeren Grad der Krümmung annimmt, während ein ebenso behandelter Stängel in dieser Beziehung sich umgekehrt verhält, schloss Dutrochet, dass bei der Wurzel die convexe, beim Stängel die concave Längshälfte die bei der Ab- oder Aufwärtskrümmung thätige sei, welcher die andere leidend folge; in beiden Fällen sei es die obere Längshälfte, welche die Krümmung bewirke**). Ein durch zwei radiale Schnitte isolirter Längsstreif aus der Rinde zeige das Streben, seine Aussenfläche convex zu wölben, wenn er in Wasser gelegt werde. Ein eben solcher Streifen aus dem Marke verhalte sich umgekehrt. In beiden Fällen werde die Krümmung der Streifen in die entgegengesetzte übergeführt, wenn man sie in Zuckersyrup bringe. Der Grund hiervon liege darin, dass die Zellen der Rinde von aussen nach innen, die des Markes von innen nach aussen an Grösse abnähmen. In beiden Fällen würden die grösseren Zellen bei Wasseraufnahme des Inhalts rascher an Grösse zunehmen, als die kleineren; es würde bei dem Rindenstreifen die Aussenfläche, bei dem Markstreifen die Innenfläche sich stärker verlängern, als die entgegengesetzte. Werde eine Wurzel oder ein Stängel von der Verticallinie abgelenkt, so werde die Concentration der in den Intercellularräumen enthaltenen Flüssigkeit an der nach unten gewendeten Seite des Organs zunehmen, was dadurch bewiesen werde, dass die convexe Längshälfte eines aufwärts gekrümmten Stängels die specifisch schwerere sei***). Diese gesteigerte Concentration beeinträchtige die Neigung zur Krümmung der Rinde und des Markes sowohl der Stängel als der Wurzeln. Nun wiegt bei den Stängeln die Entwickelung des Markes, bei den Wurzeln die der Rinde weit vor. Ein längsgespaltener Stängel

*) Mémoires II. (1837) 8 ff.
**) Mémoires II. 20.
***) a. a. O. 22.

krümmt seine beiden Längsflächen nach aussen concav; die einer längsgespaltenen Wurzel werden nach aussen convex. An den von der lothrechten Linie abgelenkten Organen wird das Krümmungsstreben der oberen Hälfte das Uebergewicht erhalten; der Stängel wird sich aufrichten, die Wurzel sich nach abwärts beugen*).

Diese Darlegung Dutrochet's leidet in hervorstechender Weise an den Mängeln, welche seine Arbeiten über Richtungserscheinungen überhaupt ungeniessbar machen: das Streben, alle Vorgänge aus endosmotischen Wirkungen zu erklären, reisst ihn zu den abenteuerlichsten Schlüssen fort, und trübt seinen Blick für die Wahrnehmungen der einfachsten Thatsachen. Die Folgerung Dutrochet's aus der bei Längsspaltung gekrümmter Stängel eintretenden Steigerung der Krümmung der nach aussen concaven Längshälfte, dass diese Längshälfte die allein thätige sei, ist eine übereilte. Diese und die umgekehrte Aenderung der Krümmung längsgespaltener Wurzeln folgen aus den überhaupt bestehenden Spannungsdifferenzen der Gewebe. Dass die anatomischen Angaben, auf welche Dutrochet seine Lehre gründet, vielfach unrichtig sind, dass seine Erklärung auf die Richtungsänderungen einzelliger Organe keine Anwendung findet, ist schon von anderer Seite dargethan worden**). Hier sei nur noch erwähnt, dass ein System von Intercellulargängen im beugungsfähigen Theile von Wurzeln nirgends existirt, auch in dem von Stängeln in vielen Fällen fehlt; — und dass die Behauptung, ein von einem jungen, der Krümmung zenithwärts fähigen Sprosse abgelöster Rindenstreif strebe nach aussen convex zu werden, handgreiflich falsch ist. Jede Beobachtung zeigt das Gegentheil. Die Erscheinung ist so allgemein und augenfällig, dass sie auch Dutrochet unmöglich entgehen konnte: wie er aber sie auffasste, geht aus dem Rath hervor, welchen er den Wiederholern seines Versuches ertheilt: man möge von dem zu untersuchenden Rindenstreifen die Epidermis ablösen, „da diese dem raschen und vollständigen Eindringen des Wassers sich widersetzen würde". Das Folgende wird die völlige Unzulässigkeit dieser Beobachtungsweise darthun.

Eine dritte Hypothese wurde von dem einzigen Forscher, der neuerdings sich mit dieser Frage beschäftigte, als eine Modification der Knight'schen aufgestellt, insoweit diese auf die Wurzeln sich

*) a. a. O. p. 23.

**) Wigand, botan. Untersuchungen. Braunschw. 1854, 162, 165.

bezieht. Wigand*) nimmt an, in einer horizontal liegenden röhrenförmigen Zelle, dem Wurzelhaare eines Farrnprothallium z. B., könne man sich die Schwerkraft zunächst auf den Zelleninhalt wirkend vorstellen. Das in der Spitze angehäufte Protoplasma müsse vermöge seiner grösseren Schwere mit dem unteren Theile der Zellwand in innigere Berührung kommen, als mit dem oberen, und da in dieser Substanz die Hauptbedingung für die Assimilation und Neubildung liege, so werde die Zellwand an dieser Stelle in höherem Grade ernährt und ausgebildet werden: es werde eine sackartige Erweiterung der Zelle nach unten und damit der Anfang zu einer Krümmung entstehen. Diese Anschauung könne ihre Anwendung auch auf Wurzeln zusammengesetzteren Baues finden. — Und warum nicht auch auf Stängel? Aber in entschiedener Weise spricht gegen sie die unzweifelhafte Thatsache, dass ein örtliches stärkeres Flächenwachsthum einer Membran nur dann die Bildnng einer Aussackung zu Stande bringt, wenn dasselbe von einem gegebenen mathematischen Punkte aus nach allen Richtungen hin rasch abnimmt. Ist das Wachsthum über eine irgend grössere Fläche gleichmässig verbreitet, so bringt es eine Krümmung des Organs hervor, bei welcher die stärker gewachsene Seite der Membran convex wird. Im vorliegenden Falle wäre, die übrigen Voraussetzungen Wigand's zugegeben, ein solches Ergebniss um so mehr zu erwarten, als die directe Beobachtung nirgends die Bildung solcher Aussackungen zeigt, und als von der Verticalen abgelenkte einzellige Stängel (die von Nitellen z. B.) sich aufwärts krümmen.

Differenzen der Spannung der Gewebe.

Bei Untersuchung der Mechanik der geocentrischen Krümmungen pflanzlicher Organe ist vor Allem der Umstand scharf im Auge zu behalten, dass von gewissen verschiedenen Organen völlig gleichen anatomischen Baues die einen bei Einwirkung der Schwerkraft aufwärts, die anderen abwärts sich krümmen. Sichtbare Unterschiede der Structur eines Stängels und einer Wurzel von Nitella, eines auf- und eines abwärts wachsenden Sprosses von Equisetum palustre sind nicht vorhanden; die Differenzen der Anordnung und Vertheilung der Gewebe in Stängel und Wurzel der-

*) a. a. O. 165.

selben Pflanze sind häufig verschwindend klein. Wohl aber zeigen Stängel und Wurzel in ihren geocentrischer Krümmung fähigen Theilen ein sehr verschiedenes Maass von Differenzen der Spannung der einzelnen Gewebsmassen. Von diesen Spannungsdifferenzen werde ich bei Darlegung meiner Untersuchung ausgehen.

Es ist eine Erscheinung von ausnahmsloser Allgemeinheit, dass beim Hervortreten eines Pflanzenorganes aus dem frühesten Knospenzustande die Gewebe desselben sich sondern in solche, welche ein Streben zur Ausdehnung nach allen Richtungen besitzen, und in solche, welche, durch dieses Ausdehnungsstreben passiv gedehnt, demselben die Waage halten und, wenn isolirt, einen kleineren Raum einnehmen, als im lebendigen unverletzten Organe*). Diejenigen Gewebsmassen, welche im Ausdehnungsstreben begriffen sind, und wenn isolirt ihr Volumen (oft sehr beträchtlich) vergrössern, sind das saftreiche Parenchym der Rinde, des Markes, der Blattspreite u. s. w. Die gedehnten, im Zusammenziehungsstreben befindlichen Gewebe sind die Aussenfläche (die cuticularisirten Schichten) der Epidermis, und die Gefäss- und Holzbündel. Die Spannungsdifferenz zwischen Epidermis und Rinde tritt in der Regel früher nach dem Verlassen des Knospenzustandes ein, als die zwischen Parenchym und Prosenchym**). Den meisten Pflanzentheilen ist es zu eng in ihrer Haut.

*) Die aus diesem Verhältniss resultirenden Spannungsdifferenzen der Gewebelemente sind früher nur wenig beachtet, und in Bezug auf ihr Verhältniss zu den Bewegungserscheinungen nicht hinreichend gewürdigt worden. Der erste Beobachter, der der Erscheinung des Klaffens der Längshälften junger Sprossen gedenkt, ist Johnson (Lond. u. Edinb. philos. magaz., VI. [1835] 164 und VIII., 357; auch in Ann. sc. nat., II. Ser. IV. 321.), er fasst sie als ein Phänomen der Reizbarkeit auf. Der Dutrochet'schen Missverständnisse hierher gehöriger Fälle gedachte ich bereits. Eine Notiz bei Schleiden (Grundzüge, II. Aufl., Bd. 2., 543) bespricht das gelegentliche Vorkommen einer Spannung, die erst dann ihren Effect sichtbar mache, wenn auf irgend eine Weise die Continuität der Theile getrennt werde, z. B. beim Aufspalten des Blüthenschafts von Taraxacum. Bedeutsamer ist die Erklärung Brücke's (Müller's Archiv, 1848, 448) des Eintritts der Tag- und Nachtstellung auch solcher Blätter der Mimosa, von deren Blattkissen eine Hälfte abgetragen wurde, aus der Wechselwirkung zwischen der Elasticität der Epidermis des übrig gelassenen Gelenkpolsters mit dem periodisch sich ändernden Ausdehnungsstreben des Schwellgewebes desselben; ein Gedankengang, in welchem Ratschinsky bei Besprechung anderer Schlafbewegungen ihm folgte (Bullet. de la soc. d. naturalistes de Moscou, 1857; abgedruckt in Ann. sc. nat., IV. Sér., t. IX. 164).

**) Zahlenangaben über den Grad dieser Spannung habe ich bereits früher veröffentlicht: diese Zeitschrift, II, 255.

In einzelligen Organen waltet ein ähnliches Verhältniss ob. Bei vorschreitender Ausbildung nimmt das Ausdehnungsstreben der äussersten Schicht der Zellhaut viel früher und rascher ab, als das der inneren. Jene steht unter einer oft beträchtlichen Spannung, auch abgesehen von dem Drucke, welchen der Zelleninhalt auf die Zellwand übt. Ein Längsstreif, der durch zwei radiale Schnitte aus der Wand einer nicht allzu jungen Zelle von Nitella, aus der Stängelzelle von Cladostephus isolirt wird, wölbt sich mit seiner Aussenfläche concav. Wird eine solche Zelle von Nitella aufgeschlitzt, so öffnet sich der Riss klaffend. Nicht so an sehr jungen, der Knospe noch angehörigen Zellen: an diesen ist kein ausgeprägter Unterschied der Spannung der äussersten und inneren Hautschichten vorhanden.

Auch in vielzelligen, complicirt gebauten Organen besteht die Spannungsdifferenz innerhalb der Zellwände. Sie ist in hohem Grade unabhängig von der endosmotischen Spannung des Zelleninhalts. Schnitte durch die, geocentrischer Krümmung fähigen Stücke von Stängeln (die dieser Beugung fähige Strecke fällt zusammen mit der, auf mechanische Erschütterungen sich krümmenden), welche so dünn sind, dass ihre Dicke weniger als den Durchmesser einer Zelle in der Richtung senkrecht auf die Schnittflächen beträgt, werden concav an der Kante, welche von dem gedehnten, im Streben elastischer Zusammenziehung begriffenen Gewebe eingenommen wird: ein solcher Schnitt aus der Rinde, der nur Epidermis und Parenchym enthält, wird concav an der Epidermisseite; ein Schnitt, der vom Marke bis ans Holz reicht, wird concav an der Holzseite; ein Schnitt durch die von ihrer Epidermis zuvor entblösste Rinde bis an den Bast oder an das Holz wird an der Innenseite concav*). — Die Herstellung solcher Schnitte ist mühsam und zeitraubend. Auf eine ganz mühelose Weise kann man sich aber die Ueberzeugung vom Vorhandensein bedeutender Spannungsdifferenzen in den Zellhäuten, nach gänzlicher Ausschliessung allen Zelleninhaltes, verschaffen, wenn man von saftreichen Blättern von Monokotyledonen, von Allium, Narcissus, Hyacinthus z. B., die Epidermis vorsichtig abziehet. Man erhält dabei an den Rändern des abgeschälten Epidermisstückes Stellen, welche nur aus der freien Aussenfläche der Epidermiszellen bestehen, die von den Seitenwandungen dieser Zellen abriss. Oft verbreiten sich solche

*) Vergleiche diese Jahrbücher II, 254.

Stellen über beträchtliche Strecken der abgelösten Haut. Diese Strecken nun, die nur aus einer Membran bestehen, an denen keine Zellenhöhlung und kein Zelleninhalt sich befindet, werden in deutlichster Weise nach aussen concav; sie rollen sich, in Wasser gelegt, sogar ein; gleichen, in concentrirte Zuckerlösung gebracht, die Einrollung wieder aus; — beides nur etwas minder stark und rasch, als die unverletzte Epidermis.

Verlängerung der sich beugenden Theile während der Krümmung.

Die Krümmung zenithwärts von Sprossen oder Blättern, welche aus ihrer normalen Stellung abgelenkt wurden, ist unter allen Umständen von einer Verlängerung auch der concav werdenden Seite begleitet. Bisweilen ist diese Verlängerung gering und nur durch feine Messung wahrzunehmen; in der grossen Mehrzahl der Fälle, namentlich bei sich aufwärts krümmenden Sprossen aber sehr beträchtlich, insofern die Aufwärtskrümmung vorzugsweise innerhalb der noch in die Länge sich streckenden Region des Stängels stattfindet. Hier einige Beispiele (Krümmung und Länge der Bogen sind aus Chorda und Sinus versus berechnet).

	Zu Anfang des Versuchs		Dauer des Versuchs in Stunden.	Nach Verlauf dieser Zeit	
	Krümmung.	Länge in M.M.		Krümmung.	Länge in M.M.
1) Oenothera biennis. Stück eines mit Blüthenknospen besetzten Sprossendes, 18 M.M. von der Spitze entfernt, horizontal aufgestellt . . .	0	55	7	110° 16′	55,96
2) ähnliches Stück, ebenso aufgestellt .	0	36,5	7 18	57° 4′ 95° 8′	37,76 40,83
3) ähnliches Stück, sehr kräftiger Mitteltrieb von 6 M.M. Dmss. waagrecht aufgestellt	0	97,3	24 43 48	18° 53′ 66° 4′ 78° 2′	97,53 98,41 102,8
4) Iva xanthifolia, Stück eines blüthentragenden Seitensprosses, 21 M.M. unter der Spitze	0	105,35	18	65° 16′	109,6
5) Urtica dioica, Stück eines in Wasser eingewurzelten Stecklings, 5 M.M. unter der Spitze	39° 8′	29,47	19	98° 10′	34

	Zu Anfang des Versuchs		Dauer des Versuchs in Stunden.	Nach Verlauf dieser Zeit	
	Krümmung.	Länge in M.M.		Krümmung.	Länge in M.M.
6) Oenothera biennis. Stück eines blüthenknospentragenden Sprossendes, im Winkel von 36° von der Horizontalebene aufsteigend aufgestellt; bei der Anfstellung welk, im Bogen von 38° 53' herabhängend . . .	38° 53'	82,2	8 19	0*) 85° 40' **)	? 84,2
7) ähnliches Stück, welk, im Bogen von 41° 30' abwärts hängend, horizontal aufgestellt	41° 30'	89	12 24	0 134° 44' ***)	? 90,13
8) Tropaeolum majus. Stück eines Sprossendes, 74 M. M. von der Spitze entfernt, waagrecht aufgestellt . .	0	58	11	69° 12'	58,703
9) ein ähnliches Stück, 32 M. M. von der Sprossspitze entfernt, waagrecht aufgestellt	0	66	18	43° 44'	66,69
10) Tropaeolum majus. Stück des Stieles eines ausgewachsenen Blattes .	0	66,5	8	41° 14'	67,45
11) desgleichen	0	77	8	34° 28'	77,05
12) desgleichen	23° 32'	97,71	8	47° 4'	98,75
13) desgleichen	45° 8'	94,42	8	72° 24'	97,11
14) desgleichen	0	112	8	49° 38'	115,4
15) Taraxacum officinale. Schaft einer völlig aufgeblüheten Inflorescenz .	36° 30'	98,66	19	40° 17'	99,02
16) desgleichen	0	65,4	19	28° 44'	65,687
17) desgleichen	0	79,6	19	38° 22'	80,44
18) desgleichen	0	90,4	19	46° 25'	90,87
19) desgleichen	10° 26'	176,24	19	86° 10'	184,02

In noch anschaulicherer Weise lässt sich die Verlängerung auf der concav werdenden Seite, welche die Aufwärtskrümmung begleitet, durch folgenden Versuch darlegen. Ich befestige vollkommen gerade Stücke krümmungsfähiger, aber am Schlusse ihres Längenwachsthums angelangter Organe auf einer Glasplatte, indem ich auf jedes der beiden Enden eines Stückes einen Tropfen geschmolzenen gelben Wachses auftrug. Die dem Versuche unterworfenen Stücke berührten die Glastafel mit der ihr zugewandten

*) jetzt gerade und steif, **) also 49° 40' über die Verticale hinaus.
***) Die Krümmung beschränkte sich auf 22,93 M. M. des oberen Endes.

Kante in jedem Punkte. Die Glastafel wurde in einem finsteren, feuchten Raume (einem mit nassem Löschpapier ausgelegten, gut schliessenden Blechkasten) horizontal so aufgestellt, dass die Fläche mit den angekitteten Stängel- und Blattstielstücken nach unten gekehrt war. Nach 36 bis 48 Stunden zeigen die Stängel- und Blattstielstücken, trotzdem dass die beiden Enden eines jeden unverrückbar am Glase befestigt sind, nach unten convexe Krümmungen, bisweilen sehr bedeutende. Es ist klar, dass die Krümmung nur dadurch möglich wird, dass sowohl die convex, als auch die concav gewordenen Seiten der Pflanzentheile sich verlängerten. Lösete ich die Befestigung an einem oder beiden Enden, so trat augenblicklich eine Steigerung der Krümmung ein, begleitet von einer geringen Verkürzung der concaven Kante. Aus letzterem Umstande geht hervor, dass die nach oben gewendete, concave Längshälfte des Stängels oder Blattstiels während der Befestigung an die Platte durch das erhöhte Ausdehnungsvermögen der convexen passiv gedehnt ist. Nach Ablösung des Pflanzentheils von der Glasplatte zieht die concave Längshälfte vermöge ihrer Elasticität auf einen kleineren Raum sich zusammen, während die convexe ihrem Ausdehnungsstreben, durch Befestigung der Enden des Pflanzentheiles nicht mehr gehindert, mittelst der Steigerung der Krümmung desselben folgen kann. Zum Beispiel.

	Länge des geraden, der Glasplatte anliegenden Pflanzentheils.	Nach 46stündiger horizontaler Aufstellung im Dunklen		Nach Ablösung von der Platte	
		Krümmung.	Länge der concaven Seite.	Krümmung.	Länge der concaven Seite.
	M. M.		M. M.		M. M.
Taraxacum officinale, Schaft einer aufgeblühten Inflorescenz	97	73° 4′	103,9	78° 16′	103,54
desgleichen	99	18° 28′	99,41	48° 28′	99,39
Tropaeolum majus, Stück eines Blattstiels	104	13° 4′	105,35	47° 43′	105,1
desgleichen	66	17° 22′	66,25	27° 54′	66,05
desgleichen	94	24° 18′	94,71	39° 16′	94,34

Es mag hier beiläufig bemerkt werden, dass ich dasselbe Verfahren in Bezug auf das Verhalten ähnlicher Pflanzentheile zum Lichte anwendete. Ich befestigte gerade Stücke von Stielen alter

Blätter von Hedera Helix und Tropaeolum majus an beiden Enden mit Wachs auf einer Spiegelglasplatte, stürzte über diese Platte eine auf der Innenseite mit schwarzem, feuchtem Tuche ausgelegte Glasglocke, kittete die Glocke mit Siegellack an die Platte, und gab derselben im Hintergrunde des Zimmers eine dem Fenster zugewendete Aufstellung der Art, dass die Glasplatte und die an ihr befestigten Pflanzentheile lothrecht standen. In allen Fällen trat gegen das einfallende Licht concave Krümmung nach Verlauf von 48—72 Stunden deutlich hervor. Sie war aber nie so beträchtlich, wie die eben erwähnte geocentrische; in keinem der beobachteten Fälle überstieg sie 15°. Die auch aus anderen Gründen unwahrscheinliche Voraussetzung, als bewirke das Licht Contraction pflanzlicher Gewebe, halte ich durch diese Beobachtung für völlig widerlegt. Alle Thatsachen lassen sich ungezwungen aus einer, durch den Lichteinfluss bewirkten Verringerung der Dehnbarkeit, Steigung der Elasticität derjenigen Gewebtheile der dem Licht zu-, oder nach Befinden (bei negativem Heliotropismus) abgewendeten Längshälfte des Organs erklären, welche dem Ausdehnungsstreben der expansiven Widerstand leistet.

Mechanik der Aufwärtskrümmung.

Die Krümmung aufwärts kann entweder durch Steigerung des Ausdehnungsstrebens des saftreichen Parenchyms der unteren Längshälfte des Organs, oder aber durch Verminderung der Elasticität, durch Erhöhung der Dehnbarkeit der passiv gedehnten Gewebe dieser Längshälfte, der Epidermis und der Gefäss- und Holzbündel derselben, bewirkt sein. Die röhrenförmigen Blätter von Allium Cepa bieten ein zur Lösung dieser Frage besonders geeignetes Material.

Diese Blätter sind bekanntlich hohl, von einer Gestalt, die der Längshälfte eines sehr schlanken Kegels nahe kommt; die Epidermis ist leicht ablösbar. Ein abgelöster Epidermisstreif rollt sich sofort spiralig ein, mit der Aussenfläche concav werdend. Ein Streif des Blattgewebes, von welchem die Epidermis abgelöst ist, krümmt sich mit der Concavität nach innen; die von dem weissen, die axile Höhle auskleidenden Gewebe eingenommene Seite wird die concave. Ein Längsstreif aus einer der Wandungen des röhrigen Blattes im Ganzen, ohne Ablösung der Epidermis genommen, wird meist an der Aussenfläche concav; — rührt der Streifen aber

von einem jüngeren, in kräftigster Entwickelung stehenden Blatte her, so ist es dagegen häufig die Innenfläche, welche concav wird; — oder aber der Streif bleibt völlig gerade. Die dünnen Gefässbündel, welche verhältnissmässig wenig zahlreich das grüne Parenchym durchziehen, zeigen keine erheblichen Differenzen der Spannung von diesem. Das Blatt von Allium Cepa kann betrachtet werden als zusammengesetzt aus drei Kegelmänteln, deren mittlerer, das grüne Parenchym, in einem lebhaften Ausdehnungsstreben sich befindet, welchem die beiden anderen, Epidermis und Auskleidung der axilen Höhle, durch ihre Elasticität das Gleichgewicht halten. In der Jugendzeit des Blattes steht diese Auskleidung des axilen Hohlraumes, späterhin die Epidermis unter stärkerer Spannung. Dieser Bau hat eine gewisse Uebereinstimmung mit dem gewöhnlichen der Wurzeln, indem dort wie hier ein, die Längsachse einnehmender, in Expansion begriffener Gewebscylinder, ein Mark, völlig fehlt. — Es ist bei diesen Spannungsverhältnissen selbstverständlich, dass ein Blatt, von welchem man einseitig die Epidermis abzieht, sich zu einem an der geschälten Seite stark convexen Bogen krümmt.

Diese Blätter, ältere wie jüngere, krümmen sich rasch und stark aufwärts, wenn die in Erde oder Wasser eingewurzelten Pflanzen in schräge oder horizontale Lage gebracht werden. Die Krümmung findet ungefähr in der Mitte der Blattlänge, dem Grunde etwas näher gerückt, statt. Sie stellt sehr genau einen Kreisbogen von bis zu 90° dar. Die Blätter, welche mit der schwach rinnenförmigen Oberseite, die, welche mit der halbkegelförmigen Unterseite, und die, welche mit einer der Seitenkanten nach unten gewendet sind, krümmen sich alle in gleichem Maasse.

Ziehet man von einem zenithwärts gekrümmten Blatte die Epidermis allseitig vorsichtig ab, ohne dass unter ihr liegende grüne Parenchym zu verletzen, so streckt sich das Blatt gerade, unter beträchtlicher Verlängerung. Wird die Ablösung der Epidermis sofort nach Eintritt der Krümmung des Blattes vorgenommen, so wird das Blatt in der Regel völlig geradlinig. Erfolgt die Operation erst nach Verlauf einiger Zeit, so bleibt das abgehäutete Blatt meist schwach gekrümmt; die Krümmung ist aber um sehr vieles geringer, als die des unverletzten Blattes es war. So betrug z. B. an gekrümmten Blättern von Allium Cepa

am unverletzten Blatte		am geschälten Blatte	
die Krümmung	die Länge	die Krümmung	die Länge
87° 46′	79,55 M.M.	39° 48′	81,82 M.M.
84° 21′	102,11 „	10° 3′	107, 3 „
86° 10′	82, 7 „	17° 2′	86,92 „
73° 4′	93,42 „	6° 48′	95,81 „

Dieser Versuch beweist, dass die Aufwärtskrümmung der Blätter von Allium nicht durch Zunahme des Ausdehnungstrebens des Parenchyms der unteren Längshälfte des Blattes, sondern durch Abnahme der Elasticität, durch Zunahme der Dehnbarkeit der nach unten gewendeten Epidermis bewirkt wird. — Allgemeiner anwendbar lässt sich diese Erfahrung so ausdrücken: Die auf Einwirkung der Schwerkraft eintretende Aufwärtskrümmung horizontaler oder gegen den Horizont geneigter Organe von Pflanzen geschieht dadurch, dass in der unteren Längshälfte des Organs die Dehnbarkeit derjenigen Zellenmembranen zunimmt, welche der Expansion der im Ausdehnungsstreben begriffenen Membranen Widerstand leisten. So gefasst, ist dieser Satz mit allen Beobachtungen in voller Uebereinstimmung.

Entfernt man Epidermis, Rinde und Holz von einem aufwärts gekrümmten Sprosse mit geringer Rindenentwickelung, in welchem das saftreiche Mark — wie bei einseitiger Entblössung desselben durch das Convexwerden des Sprosses an der geschälten Seite sich zeigt — vorzugsweise und fast ausschliesslich die Krümmungen bewirkt, so richtet sich, unter Verlängerung, der entblösste Markcylinder gerade. So bei Sprossen von Rubus Idaeus, Erigeron grandiflorum Hook, Oenothera biennis, Vitis vinifera, Fraxinus excelsior. — Im hohlen Stängel von Cirsium palustre ist das Ausdehnungsstreben der Rinde dem des Cylindermantels, welcher vom hohl gewordenen Marke übrig blieb, gleich oder überlegen. Ein von der Epidermis entblösster Längsstreif des Stängels bleibt gerade oder wird nach aussen convex. — Trennt man an einem solchen Streifen, der dem zenithwärts gekrümmten Stücke eines absichtlich niedergehakten Stängels entnommen war, die von der Epidermis entblösste Rinde, und die dünne Lage des Markes vom Holze, so werden beide Parenchymstreifen unter Verlängerung gerade.

Die Aufwärtskrümmung einzelliger Stängel- und Blattorgane

begreift sich leicht aus der oben (S. 81) erwähnten Differenz der Spannung zwischen der äussersten und den inneren Schichten der Zellhaut.

Soll die oben gegebene Erklärung des Mechanismus der Aufwärtskrümmung für befriedigend gelten, so muss in allen Organen, sie seien welcher Natur sie wollen, eine solche Krümmung bei Ablenkung von der lothrechten Linie stattfinden, dafern nur die das Organ zusammensetzenden Gewebe unter verschiedenartiger Spannung stehen, und dafern nicht andere Einflüsse, wie etwa Lichtwirkung oder Belastung, die Aufwärtskrümmung hindern. So verhält es sich denn auch in der That.

Eine der schlagendsten der hierher gehörigen Thatsachen ist die bisher ganz übersehene, allen Wurzeln in den verschiedensten Medien zukommende Eigenschaft, in ihren ältern, der geocentrischen Krümmung nicht mehr fähigen Theilen sich aufwärts zu krümmen, wenn sie aus der normalen Lage gebracht werden. In den betreffenden Theilen von Wurzeln ist die Epidermis durch das Dehnungsstreben des stark entwickelten Rindenparenchyms in geringem, der axile Strang oder Cylinder aus Prosenchym in höherem Grade gespannt.

Ich befestigte Keimpflanzen von Erbsen mit in lockerer Erde genau vertical abwärts gewachsenen, schnurgeraden und unverästelten Hauptwurzeln von 22—30 M. M. Länge mittelst durch die Kotyledonen und den Wurzelhals gesteckter Nadeln auf Bretchen in der Art, dass die Wurzeln ihrer ganzen Länge nach dem Brete dicht anlagen. Die Bretchen wurden in verschlossenen, keinen Lichtstrahl einlassenden Blechkästen, in denen die Luft mit Wasserdampf gesättigt erhalten wurde, horizontal aufgestellt. Binnen 5 bis 8 Stunden (bei einer Temperatur von + 11—13° R.) hatten sich sämmtliche Wurzeln, in Winkeln von 20—30° aufgerichtet, vom Brete erhoben. Die Krümmung aufwärts war auf eine kleine Strecke, etwa 10 M. M. vom Wurzelhalse entfernt, beschränkt; der gehobene übrige Theil der Wurzel blieb gerade. — Eine Abwärtskrümmung der Wurzelspitze wurde erst 10—18 Stunden später, nach beträchtlichem Längenwachsthum derselben, sichtbar. Ebenso bei Lepidium sativum, Vicia sativa, Zea Mays; bei Keimwurzeln von 4—10 M. M. Länge.

Wurden längere Wurzeln von Keimpflanzen demselben Versuche unterworfen, so trat die Hebung eine bestimmte Strecke rückwärts von der Spitze ein. Das Stück der Wurzel von der

Hebungsstelle bis zur Wurzelspitze blieb in seiner Richtung unverändert. Die Entfernung der Hebungsstelle von der Wurzelspitze betrug

bei Lepidium sativum	1,5	M. M.	bis	3	M. M.
„ Pisum sativum . .	5	„	„	11	„
„ Vicia sativa . . .	2	„	„	4	„

In Wasser gewachsene, lange Adventivwurzeln von Allium Cepa richten binnen 10 Stunden ihre 12 bis 18 M. M. langen Enden in einem Winkel von beiläufig 14° auf, wenn sie durch Neigung des Gefässes in horizontale Lage gebracht werden. Abwärtskrümmung der fortwachsenden Enden tritt erst nach Verlauf von etwa 15 Stunden hervor. Noch nach 20 bis 24 Stunden ist die Sehne des Bogens horizontal, zu welchem das Endstück der Wurzel nun gekrümmt ist.

Keimpflanzen von Pisum sativum, mit vertical gewachsenen geraden Wurzeln von 70—78 M. M. Länge, wurden an Schwimmern aus Kork so befestigt, dass die Wurzeln horizontal in Wasser, etwa 1 M. M. unter dessen Oberfläche sich befanden. Nach 6 Stunden war noch keine Veränderung in der Richtung der Wurzeln zu bemerken. Aber nach 18 Stunden war, an allen dem Versuche unterworfenen (10) Pflanzen, das Endstück der Wurzel, 8,5 bis 11 M. M. lang, in einem Winkel von 45—66° aufwärts gerichtet. Die Beugung hatte an einer Stelle stattgefunden, welche bei Beginn des Versuches 6—7,5 M. M. rückwärts von der Wurzelspitze entfernt gewesen war.

Umgekehrt findet man in allen der Aufwärtskrümmung fähigen Organen Spannungsdifferenzen der Gewebe. Energisches Streben zur Krümmung aufwärts ist stets mit grossen solchen Differenzen gepaart. Die Blattstiele von Hedera Helix z. B. richten sich binnen 5—7 Stunden auf, wenn sie in völliger Dunkelheit horizontal aufgestellt werden. Epidermis und Gefässbündel derselben stehen unter hoher Spannung. In den Sprossenden von Hedera dagegen ist das Streben zur Aufrichtung nur in sehr geringem Maasse vorhanden: in so geringem, dass es bei Einwirkung nur irgend intensiven Lichtes von dieser überwältigt wird; die Sprossen wenden sich horizontal vom einfallenden Lichte hinweg. In diesen Sprossenden ist kaum eine Spannungsdifferenz der Gewebe nachzuweisen. Ein abgelöster Epidermisstreif wird an der Aussenfläche nicht merklich concav; ein der Länge nach gespaltenes Sprossende spreizt die beiden Längshälften kaum auseinander.

Auf der Vertheilung der unter verschiedener Spannung stehenden Gewebe der älteren Theile von Wurzeln beruht eine Reizbarkeitserscheinung, welche sie, in sehr geringem Grade freilich, mit den Staubfäden theilen. Es ist durch Du Hamel und Kolreuter bekannt (Phys. des arbres II, 167; dritte Forts. vorläuf. Nachr. 130.), dass die Staubfäden von Opuntia, von Helianthemum u. A. nach einer ihnen beigebrachten Beugung zunächst in die frühere Richtung zurückschnellen, dann aber in einer der erlittenen Beugung entgegengesetzten Richtung sich krümmen. Etwas Aehnliches findet bei Wurzeln Statt. — Ich befestigte mittelst durchgesteckter Nadeln gerade Wurzeln am oberen Ende horizontal über einem mit weissem Papiere überzogenen Reissbrette, so dass die Wurzel dem Papiere parallel in etwa 1 M. M. Entfernung von demselben sich befand. Lage und Länge der Wurzel trug ich mit Bleistift dem Papier genau auf. Dann brachte ich zwischen Papier und Wurzel eine die Wurzel benetzende Schicht Wasser und beugte die äusserste Spitze der Wurzel momentan ein gemessenes Stück seitwärts. Die Entfernung des Punktes, bis zu welchem sie nach Aufhören der Beugung sofort zurückschnellte, wurde angemerkt; — dieser Punkt war stets im Sinne der gewaltsamen Beugung von der ursprünglichen Lage der Wurzel eine, wenn auch geringe Strecke entfernt. Hierauf bedeckte ich die angehefteten Wurzeln mit einer innen angefeuchteten Glasglocke. Nach Verlauf einiger Zeit hatten die Wurzeln sich meist nach einer der erlittenen gewaltsamen Krümmung entgegengesetzten Richtung gebeugt: die Wurzelspitze war etwas über die Linie hinaus gerückt, welche die ursprüngliche Lage der Wurzel bezeichnete. Zum Beispiel:

	Entfernung des Fixationspunktes von der Wurzelspitze.	Länge der Sehne des Bogens der gewaltsamen seitlichen Beugung der Wurzelspitze.	Entfernung des Punktes, bis zu welchem die Wurzelspitze nach Aufhören der Beugung zurückschnellt, von ihrer ursprünglichen Lage.	Länge des Weges der Wanderung der Wurzelspitze über die ursprüngliche Lage hinaus, in der beigesetzten Zeit.
Pisum sativum, Keimpflanze mit Pfahlwurzel v. 89. M M. Länge	74 M. M.	53 M. M.	17 M. M.	in 19 Min. 5 M. M.
desgleichen, 39,5 M. M. lang	12 "	8 "	3 "	in 1^h 17' 1,2 M. M.
desgleichen, 29 " "	9 "	9,2 "	4 "	in 2^h 30' 2 M. M.
desgleichen, 78 " "	45 "	28,5 "	5,7 "	in 3^h auf 2 M. M. in 24^h 3 "
desgleichen, 76 " "	31,5 "	29 "	6 "	in 15^h 1 " in 24^h 2 " in 48^h 3 "
desgleichen, 79 " "	21 "	15 " *)	3,7 "	in 1^h 15 2 M. M. in 2^h 2,7 "
Lepidum sativum, Pfahlwurzel einer Keimpflanze von 37 M. M. Länge	8,5 "	5 " *)	2,3 "	in 3^h 0,8 "
Adventivwurzel von Cordyline vivipara, 1,7 M. M. im Durchmesser	43 "	34 "	7,5 "	in 24^h 1,6 "
desgleichen, 1,6 M. M. im Durchmesser	44 "	40,2 "	8 "	in 5^h 0 " in 18^h 5 " in 22^h 6 " in 24^h 7 "
Allium Cepa, Adventivwurzel	21 "	10 " **)	3 "	in 24^h 1,5 "

Es ist eine sehr in die Augen fallende Thatsache, dass auch der Strunk der Hutpilze das Streben zur Aufwärtskrümmung besitzt: der Hut wird durch Krümmung des Strunks horizontal ge-

*) Die Beugung wurde 10mal hinter einander wiederholt.
**) Die Beugung 15mal rasch hinter einander wiederholt.

stellt, die Neigung der Unterlage des Pilzes sei, welche sie wolle (während das Hymenium in ähnlicher Weise der Wirkung der Schwere folgt, wie die Wurzelspitzen: die langen Papillen des Hymenium von Hydnum imbricatum und repandum, die Röhren desjenigen von Boletus und auch die Lamellen der Agarici krümmen sich binnen etwa 12 Stunden nach abwärts, wenn der Hut vertical aufgestellt wird. Sachs mündlich). Die peripherischen Hyphen des Strunkes der Hutpilze sind durch das Ausdehnungsstreben der inneren passiv gedehnt, aber nur in geringem Grade. Die nach aussen concave Krümmung eines vom beugungsfähigen Strunke abgelösten Streifens des oberflächlichen Gewebes ist nur mässig. Gleichwohl ist die Fähigkeit zur schroffen Krümmung bei Hutschwämmen grösser, als irgendwo. Wird Amanita muscaria oder phalloïdea in dem, der letzten Streckung des Strunkes unmittelbar vorausgehenden Zustande mit der Spitze schräg nach unten gerichtet aufgestellt, so ist die Dehnung des axilen Theiles des Strunkes so gewaltig, dass sie oft die Hyphen der convex gewordenen Kante der Aussenfläche zerreisst. — Zerlegt man ein Exemplar der Amanita muscaria desselben Entwickelungszustandes durch der Achse parallele Schnitte in mehrere Längsscheiben, und bringt diese Schnitte im feuchten dunklen Raum in horizontale Lage, so krümmt sich jeder der Längsschnitte des Strunkes aufwärts, gleichgültig ob die Flächen oder Kanten des Schnittes nach unten und oben gekehrt sind. Theilte man den Schwamm in nur zwei Längshälften, und legt sie beide horizontal, die eine mit der planen Schnittfläche, die andere mit der Aussenfläche nach unten, so krümmen die Strunke beider Hälften sich aufwärts, indem bei der ersteren jene, bei der zweiten diese Fläche convex wird. Hieraus muss geschlossen werden, dass jede der zahlreichen, den Strunk zusammensetzenden Hyphen individuell die Fähigkeit zur Aufwärtskrümmung besitzt.

Kraft und Selbstständigkeit der Aufwärtskrümmung; Unselbstständigkeit der Abwärtskrümmung.

Die gegen den Zenith concave Krümmung von Pflanzenorganen, welche auf Einwirkung der Schwerkraft eintritt, vermag bedeutende Hindernisse zu überwinden, eine nicht unbeträchtliche Last zu heben. Das Gewicht an der Krümmung nicht sich be-

theiligender, mit Blättern und Blüthen dicht besetzter Enden von Sprossen, die trotz solcher Belastung sich aufwärts krümmen, betrug bei Oenothera biennis bis zu 6 Gr.; anderwärts mag es noch viel höher steigen. Die Krümmung findet auch dann Statt, wenn unübersteiglicher Hindernisse wegen das obere Ende des Organs nicht gehoben werden kann. Befestigt man das eine oder beide Enden eines der Aufwärtskrümmung fähigen, geraden Organs (z. B. den Stängel einer Keimpflanze von Zea Mays, Pisum sativum, Vicia sativa, einen Blüthenschaft von Taraxacum officinale, einen Blattstiel von Tropaeolum majus) der Art unter einer horizontalen, undurchdringlichen Platte (aus Glas oder Holz), dass das Organ in seiner ganzen Länge und auf allen Punkten der Platte dicht anliegt, so krümmt sich binnen 10—24 Stunden auch in völliger Dunkelheit (in wohlverschlossenen Blechkästen mit dunstgesättigtem Raume) das Organ in einem nach unten convexen Bogen, dessen Krümmung bei Zea bis auf 110°, bei Vicia bis auf 180° steigt. (Vergl. auch die Angaben S. 85.) Die Aufwärtskrümmung ist also eine active.

Entgegengesetzt verhält es sich mit der geocentrischen Krümmung fortwachsender Wurzelenden; und in diesem Gegensatze liegt der fundamentale Unterschied zwischen den beiden Arten von Krümmungen. Wird ein keimender Same oder eine im Austreiben begriffene Zwiebel oder Knolle auf horizontaler, undurchdringlicher Unterlage in der Art angebracht, dass eine hervorsprossende Wurzel sofort die Unterlage trifft, so entwickelt sich diese Wurzel der Unterlage dicht angeschmiegt, ohne je von ihr dadurch sich zu erheben, dass die ausgebildeten Theile der Wurzel eine nach unten concave Krümmung annehmen. So bei Wurzeln von Cerealien, Leguminosen und Cruciferen, bei Zwiebeln von Oxalis tetraphylla und Allium Cepa, die auf feucht gehaltenen Platten von Porzellan oder Glas lose aufgelegt im Dunklen sich entwickelten; ferner bei Samen derselben Arten, welche ich zur Keimung brachte, nachdem ich sie mittelst durchgebohrter Nadeln auf horizontalen Bretchen oder mittelst Kitt auf wagrechten Glastafeln befestigt hatte.

Der Hergang wird etwas modificirt, wenn man, statt die Samen auf der Unterlage die Keimung von Anfang an durchmachen zu lassen, die zu einiger Länge vertical abwärts entwickelten Wurzeln von Keimpflanzen einer horizontalen, glatten Platte dicht auflegt, und das Pflänzchen an der Platte unverrückbar befestigt. Es tritt dann zu-

nächst die schon oben (S. 89) erwähnte Hebung des älteren Theiles der Wurzel ein, innerhalb dessen Differenzen der Spannung der Gewebe stattfinden. Ist durch diese Beugung das Ende der Wurzel eine Strecke weit über die Platte gehoben worden, so wendet sich, bei von da ab eintretender Verlängerung der Wurzel, deren neu entstehender Theil abwärts, bis sein Ende — in der Regel unter noch ziemlich spitzem Winkel — auf die Platte trifft. In ihrem ferneren Längenwachsthum ist die Wurzel der Platte dann dicht angeschmiegt; eben so dicht legen sich die, während des Versuches aus der Hauptwurzel hervorsprossenden Wurzeln zweiter Ordnung der Unterlage an. Der Bogen, welchen der gehobene und der abwärts gewachsene Theil der Wurzel über der Unterlage bilden, bleibt während der ferneren Entwickelung der Wurzel unverändert.

Die mikroskopische Untersuchung sowohl, als die an im Wachsthum begriffenen Wurzeln ausgeführten Messungen, deren erste wir Ohlert verdanken*), haben seit lange schon uns gelehrt, dass die Verlängerung der Wurzeln nur innerhalb einer beschränkten, nahe über der Wurzelspitze gelegenen Zone erfolgt, und dass diese Verlängerung darauf beruht, dass im Vegetationspunkte der Wurzel, unmittelbar über dem Scheitelpunkte der Innenwölbung der Wurzelhaube, fortgesetzte Zellentheilungen (vorwiegend durch auf der Längsachse der Wurzel senkrechte Wände) stattfinden**), welchen Theilungen eine Längsstreckung der neugebildeten Zellen höheren Grades rasch folgt. Es ist leicht, den Nachweis zu führen, dass die geocentrischen Beugungen von Wurzeln nur innerhalb der in Verlängerung begriffenen Region der Wurzeln erfolgen, und dass Wurzeln nur insofern der Krümmung abwärts fähig sind, als sie noch in die Länge wachsen.

Ich schloss dünne gerade Endstücken von Luftwurzeln tropischer Orchideen, 10—15 C. M. lang, in cylindrische Gläser der Art ein, dass die Wurzel, der Seitenwand des Glases mit etwas Wachs angeheftet, dieser Wand vollkommen parallel und mit der Spitze senkrecht nach oben gerichtet war. Auf den Boden der

*) Linnaea, XI (1837) 615.

**) Ohlert, Linnaea XI (1837) 61; Nägeli, Zeitschr. wiss. Bot. III u. IV (1846), 186. Die Einzelheiten des Vorganges in einigen speciellen Fällen der Wurzel von Farrnkräutern) habe ich im Bd. V. der Abh. der K. sächs. G. d. W. S. 611, 628, 648 dargestellt.



Gläser wurde etwas Wasser gebracht, die Mündungen wurden verstöpselt; die Gläser aufrecht aufgestellt. Unter solchen Verhältnissen wachsen derartige Luftwurzeln noch etwas in die Länge. Die der Acropera Loddigesii eignen sich zu dem Versuche besonders gut. An diesen Luftwurzeln ist die Stelle, wo nach oben hin Vermehrung und Streckung der Zellen der im Längenwachsthum begriffenen Region aufhören, durch Eintritt der weisslichen Färbung der lufthaltigen Wurzelrinde gekennzeichnet. Das in der aufrechten Glasröhre noch wachsende Stück der Wurzel ist die untere Hälfte des frisch grünen Endtheils. Es wendet sich bei Eintritt seiner Verlängerung sofort nach abwärts, und hängt am oberen Ende des aufrecht befestigten Wurzelstückes gleich einer gefrorenen Thräne.

In diesen Wurzeln findet eine geringere Streckung der neu gebildeten Rindenzellen der Wurzelspitze statt, als anderwärts. Ihr Längenwachsthum beruht zum grösseren Theile auf Zellenvermehrung, als dasjenige der gewöhnlichen Wurzeln. Aber auch bei diesen kann man sich von dem Zusammenfallen der beugungsfähigen mit dem unteren Ende der in die Länge wachsenden Region durch Anwendung der Ohlert'schen Untersuchungsmethode unschwer überzeugen, und die Richtigkeit der Angaben Ohlert's constatiren. — Ich bezeichnete gerade abwärts gewachsene Wurzeln von Keimpflanzen von Pisum sativum, Vicia sativa, Zea Mays mit in bestimmten Entfernungen aufgetragenen farbigen Punkten und befestigte diese Wurzeln in einem völlig geschlossenen Blechkasten mit dunstgesättigtem Raume in der Art, dass sie horizontal in die feuchte Luft frei hineinragten. Die Abwärtsbeugung trat nur innerhalb der unteren Hälfte der sich verlängernden Strecken der Wurzeln ein; diese Krümmung abwärts war um so beträchtlicher, je bedeutender die Verlängerung war.

1) An einer geraden, 10,5 M. M. langen Wurzel eines keimenden Samens von Vicia sativa maassen die bezeichneten Strecken, von der Spitze rückwärts gezählt,

	1,5 M. M.	1 M. M.	2 M. M.
nach 24 Stunden	2 „	6 „	5,7 „

Die Wurzel war in einem Bogen von 90° abwärts gekrümmt, dessen Anfangspunkt 11 M. M. von der Spitze entfernt war,

nach 48 St.	4,5 M. M.	7 M. M.	5,7 M. M.

2) Aehnliche Wurzel gerade gewachsen, 12 M. M. lang; bei horizontaler Aufstellung:

	2 M. M.	2 M. M.	1,5 M. M.	1,5 M. M.
nach 24 Stunden	1 „	12 „	2 „	1,5 „

Die Wurzel war in einem Bogen von 72° abwärts gekrümmt, dessen Anfangspunkt 12 M. M. von der Wurzelspitze entfernt war.

3) Aehnliche Wurzel, 12 M. M. lang; bei horizontaler Aufstellung

	2 M. M.	2 M. M.	3 M. M.	3 M. M.
nach 24 Stunden	2 „	7 „	3 „	3 „

6,5 M. M. von der Spitze im Bogen von 45° abwärts gebogen.

4) Gerade, 27 M. M. lange Wurzeln von Pisum sativum; bei horizontaler Aufstellung:

	1,5 M.M.	1 M.M.	1,5 M.M.	1,5 M.M.	1,5 M.M.
nach 5 Stunden	1,5 „	1,5 „	3 „	3 „	2 „

Das 8 M. M. lange Endstück der Wurzel war in einem Bogen von 30° abwärts gekrümmt.

5) Dieselbe Wurzel wurde umgekehrt, mit der Concavität der Krümmung nach oben gewendet, aufgestellt. Nach 8 Stunden war die Krümmung beinahe vollständig ausgeglichen; nach 12 Stunden das 5 M. M. lange Endstück in einem Bogen von 10° abwärts gebeugt.
Distanzen: 1,5 M. M. 2 M. M. 4 M. M. 3,5 M. M. 2,5 M. M.

6) Ebensolche Wurzel. Distanzen bei der horizontalen Aufstellung:

	2 M. M.	3 M. M.	4 M. M.	4 M. M.
nach 5 Stunden	2 „	3,5 „	4,5 „	4 „
„ 8 „	3 „	4,7 „	4,6 „	4 „

Nach 5 Stunden war das Ende der Wurzel, 10 M. M. lang, im Winkel von 20° aufwärts gerichtet; nach 8 Stunden das 6 M. M. lange Endstück in einem Bogen von ca. 15° abwärts gebeugt.

7) Ebensolche Wurzel:

	3 M. M.	3 M. M.	3 M. M.	4 M. M.
nach 16 Stunden:	3 „	4 „	4 „	4 „

Das 5 M. M. lange Endstück ist im Bogen von ca. 45° abwärts gebeugt.

8) Eine keimende Erbse mit 12 M. M. langer, in einem Bogen von 40° gekrümmter Wurzel wird so aufgestellt, dass die Sehne jenes Bogens vertical ist.

Distanzen der Marken:	3 M. M.	2,5 M. M.	3,2 M. M.
nach 16 Stunden	3 „	4,5 „	5 „

Die Wurzel ist S-förmig; ihr 4,5 M. M. langes Endstück ist in einem Bogen von ca. 45° abwärts gerichtet. — Die Sehne dieser letzten Krümmung der Wurzel ist horizontal; ein Beweis, dass der Senkung des Endstückes eine Hebung des rückwärts gelegenen Stücks vorausging.

9) Schwächer gekrümmte, 14 M. M. lange Wurzel einer keimenden Erbse mit der Concavität nach oben so aufgestellt, dass die Sehne der Krümmung mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildete. Distanzen der Marken

	2,1 M. M.	3 M. M.	1,8 M. M.	1,8 M. M.
nach 16 Stunden	2,8 „	7 „	2,5 „	1,8 „

Die Wurzel ist S-förmig; der Scheitelpunkt der letzten Krümmung 6,5 M. M. von der Spitze, die Hebung 1 M. M.

Die Abwärtskrümmung tritt aber nicht gleichzeitig mit dem Beginn der Verlängerung ein. Während der Hebung der Wurzelspitze, welche durch die Aufwärtskrümmung der älteren, rückwärts gelegenen Theile der Wurzel bewirkt wird (S. 89), erfolgt eine oft ziemlich beträchtliche Verlängerung des Wurzelendes, aber in geradliniger Richtung. Beispiele hierfür sind unter den vorstehenden die sämmtlichen, mehr oder weniger. Hier einige noch auffallendere, darum anschaulicher, weil der Versuch vor Beginn der Abwärtskrümmung beendigt wurde. Es maassen an vertical gerade gewachsenen, im dunklen feuchten Raume horizontal aufgestellten Wurzeln keimender Erbsen die durch Punkte bezeichneten Strecken, rückwärts von der Spitze an gezählt, bei Beginn des Versuches

	2,5 M. M.	2,5 M. M.	2,5 M. M.	2,5 M. M.	2,5 M. M.
nach 24 Stunden	2,5 „	6,5 „	6 „	4 „	2,5 „

dabei war das 17 M. M. lange Endstück der Wurzel in einem Winkel von 18° aufwärts gerichtet, und gerade; die Spitze nicht abwärts gebogen.

In einem zweiten derartigen Falle betrugen die bezeichneten

Strecken	3 M. M.	3 M. M.	3 M. M.	3 M. M.
nach 5 Stunden	3 „	4 „	4 „	3 „

Das 11 M. M. lange Endstück der Wurzel war im Winkel von 40° aufwärts gerichtet.

Es ergiebt sich aus den Zahlenangaben dieser und der vorigen Seite sofort aufs Neue, dass (wie Ohlert bereits zeigte) die Krümmungsfähigkeit des Wurzelendes zwar nicht auf die Zone von höchstens 0,05 M. M. Breite sich beschränkt, innerhalb deren in der wachsenden Wurzel Zellvermehrung stattfindet, dass aber ebensowenig die Fähigkeit zur geocentrischen Krümmung auf die ganze in Längsdehnung begriffene Strecke der Wurzel sich erstreckt. An den Stellen der letzten und bedeutendsten Streckung der Zellhäute der jungen Wurzel ist diese der geocentrischen Krümmung nicht mehr fähig; — diese Streckung erfolgt geradlinig in der Richtung, welche

bei der Entstehung der Zellen eingehalten wurde, aus denen der sich streckende Theil besteht. Aus diesem Verhältniss erklären sich alle diejenigen Krümmungen, welche Wurzeln dann annehmen, wenn sie in ihrem Wachsthum auf ein Hinderniss treffen, an dessen Aussenfläche die Wurzelspitze nicht hinzugleiten vermag. Entwickelt sich z. B. eine Wurzel in Wasser oder in feuchter Luft, und stösst sie auf einen Körper mit planer oder concaver oberer Fläche, so krümmt sie sich, indem ihre Spitze bei weiterem Wachsthume dem Hindernisse sich aufstemmt, zunächst in einem seitwärts geöffneten Bogen. Je höher diese Krümmung steigt, eine um so stärker gegen die Ebene des Horizonts und gegen die Oberfläche des Hindernisses geneigte Lage nimmt das Endstück der Wurzel an. In dieser geneigten Richtung findet die Vermehrung der Zellen innerhalb des Vegetationspunktes der Wurzel statt. Die Dehnung der dort gebildeten Zellen erfolgt in der nämlichen Richtung. Der Verlängerung in dieser Richtung setzt aber die Starrheit des älteren Theiles der Wurzel bald eine Gränze. Wenn durch das Längenwachsthum der Wurzel die Neigung des Endstücks soweit gesteigert wird, dass endlich nicht mehr der Scheitelpunkt, sondern ein Punkt einer der Seitenkanten der Wurzelspitze zur Berührungsstelle dieser mit dem Hindernisse wird, so ist die Möglichkeit des Hingleitens der Wurzelspitze durch ihr eigenes Wachsthum auf dem Hindernisse, des Hinkriechens der fortwachsenden Wurzel auf dem ihr in den Weg gekommenen Körper, gegeben. Das Verhältniss wird ein anderes, wenn das der Wurzel entgegenstellte Hinderniss die Möglichkeit einer Verschiebung ihrer Spitze absolut ausschliesst. Aus der Zusammenwirkung der Streckung des geneigten Wurzelendes und der Elasticität des älteren Theiles der Wurzel resultirt dann eine doppelte, schraubenlinige Krümmung der Stelle, in welcher beide Theile der Wurzel zusammentreffen. Bei weiterem Längenwachsthum der Wurzel entwickelt sich diese Schraubenlinie zu mehreren, unter Umständen oft zu vielen Windungen, deren Weite, nächst dem Grade der Starrheit der älteren Theile der Wurzel, davon abhängt, wieviel Spielraum seitwärts der Wurzel gegeben ist. Man kann solcher dicht an einander gedrängter Windungen oft bis zu achten an der Hauptwurzel von Zea Mays beobachten, wenn diese Pflanze in Wasser und in Probirgläsern von etwa 2 C. M. Dmss. und 25 C. M. Höhe gezogen wird. Sind die Gefässe überreichlich weit, so steigt der Krüm-

mungshalbmesser der Windungen auf 60 M. M., nicht höher: er ist etwa gleich der Sehne des Bogens, bis zu welchem die einfache Krümmung der sich aufstemmenden Wurzel zu steigen vermag.

Abwesenheit von Spannungsdifferenzen der Gewebe in dem der Abwärtskrümmung fähigen Theile der Wurzel.

Mit anderen, jugendlichsten Pflanzentheilen hat die Strecke der Wurzel, welche der Abwärtsbeugung fähig ist, die weiche, breiartige Beschaffenheit ihrer Substanz gemein. Es walten innerhalb dieser Strecke keinerlei Unterschiede der Spannung der Gewebe ob. Ein abgelöster Epidermisstreif hängt schlaff herab (besonders leicht zu constatiren an dicken Adventiv-Luftwurzeln der Cordyline vivipara, bei denen die Länge dieser beugungsfähigen Stelle bis zu 4 M. M. beträgt). Eine durch zwei der Längsachse der Wurzel parallele Schnitte hergestellte Platte des beugungsfähigen Stückes wölbt ihre von der Epidermis bekleideten Seiten weder convex noch concav, wenn sie durch einen Schnitt senkrecht auf ihre Fläche in zwei Längshälften getheilt wird. Zerlegt man die Platte in mehrere parallele Längsstreifen, so verändern auch diese ihre Form nicht, auch dann nicht, wenn sie in Wasser liegen. Die jüngste frei liegende, nicht von der Wurzelmütze bedeckte Zone dieses weichen Gewebes wird in ihrer ganzen Masse von der Schwerkraft gleichmässig afficirt. Keine ihrer Längshälften oder Kanten ist bei der geocentrischen Krümmung activ. Die Membranen aller Zellen unterliegen in gleicher Passivität der Wirkung der Gravitation. Durch einige leicht anzustellende Versuche lässt sich dies in überzeugender Weise veranschaulichen. Ich entfernte an 20 bis 25 M. M. langen Wurzeln keimender Erbsen durch einen Secantenschnitt nahezu die Längshälfte des Gewebes des äussersten, des Fortwachsens fähigen Wurzelendes, und stellte die Keimpflanzen im dunklen Raume so auf, dass die Wurzeln wagrecht frei in die dunstgesättigte Luft ragten. Viele Versuchspflanzen gingen bei dieser Behandlung sofort zu Grunde; eine nicht geringe Zahl aber zeigte ein weiteres Wachsthum der Wurzelspitzen, obwohl fast die Hälfte des Gewebes derselben abgetragen worden war. Die Verlängerungen betrugen bis zu 2,5 M. M. Diese Wurzelenden krümmten sich zunächst stets nach

unten, gleichgültig ob die verwundete Seite desselben nach oben, seitwärts oder nach unten gerichtet worden war. — Ein Convexwerden der entrindeten Seiten trat erst später, mit der Erhärtung der Oberhaut der entgegengesetzten Seite ein. — Noch leichter ist die Ausführung folgenden Versuches. Ich befestigte mittelst durch die Cotyledonen gesteckter Nadeln keimende Erbsen und Linsen an Bretchen und fixirte deren Wurzeln am Holze in der Art, dass ich einen Tropfen geschmolzenen, leichtflüssigen gelben Wachses um und auf das äusserste Ende der Wurzelspitze fliessen liess, und 2,5 bis 4 M. M. rückwärts von der Spitze die Wurzel mit einem andern Wachstropfen ans Bret anklebte. Die Breter wurden im dunklen, feuchten Raume lothrecht so aufgestellt, dass die Wurzeln in horizontaler Richtung sich befanden. Die Wurzelenden wuchsen in der Mehrzahl der Fälle kräftig weiter. Dafern sie nicht ihr festgeklebtes Ende bei eintretender Verlängerung durch Absprengen des Wachses befreiten, machte das Endstück zwischen beiden Befestigungsstellen einen sanften, beständig nach o b e n geöffneten Bogen. Drehte ich nun die Breter um, so dass die Oeffnung des Bogens nach unten gerichtet ward, so erfolgte eine S-förmige Biegung des fixirten Wurzelendes, indem das der Wurzelspitze nächste Stück desselben sich nach unten convex krümmte, während der erst gebildete Bogen um Vieles niedriger ward. Fand die Umkehrung des Brets sehr bald nach der ersten Krümmung des fixirten Endstückes statt, so wurde diese Krümmung bisweilen in die entgegengesetzte übergeführt. — Soll der Versuch gelingen, so ist es unerlässlich, das zum Fixiren des Wurzelendes dienende geschmolzene Wachs bis nahe an den Erstarrungspunkt abkühlen zu lassen, da es — wenn heisser — leicht das Wurzelende tödtet; ferner Keimpflanzen mit v ö l l i g geraden Wurzelenden auszuwählen, denn wenn eine auch nur geringe Krümmung des beugungsfähigen Stückes schon bei Beginn des Versuches vorhanden ist, so wird sie während der Dauer desselben gesteigert, gleichviel welches ihre Richtung sei, — endlich ein nicht zu langes Stück der Wurzel zwischen die beiden Wachstropfen einzuschliessen, denn wenn der hinterste Theil des fixirten Stückes bereits der (S. 89 erwähnten) Hebung fähig ist, so wird damit eine nach unten concave Krümmung eingeleitet, welche die normale, mit der Concavität nach oben gewendete völlig verdecken kann.

Mechanik der geocentrischen Wurzelkrümmung.

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Thatsachen ergiebt sich mit Nothwendigkeit der Schluss, dass der krümmungsfähige Theil des Wurzelendes in der nämlichen Weise der Einwirkung der Schwerkraft folgt, wie ein Tropfen einer zähen Flüssigkeit. Die plastische, der unmittelbaren Formveränderung durch die Gravitation fähige Beschaffenheit des Gewebes kommt allerwärts nur einem kurzen Querabschnitte des Wurzelendes zu. Dieser Querabschnitt ist, in Folge der Erhärtung der älteren Gewebe der Wurzel und der Zellvermehrung in dem von der Wurzelmütze bedeckten Vegetationspunkte der Wurzel, in stetigem Vorrücken nach der Spitze derselben hin begriffen. Aus der verschiedenen Intensität dieser Zellvermehrung erklären sich zum Theil die individuellen Unterschiede zwischen verschiedenen Wurzeln in Bezug auf die Plötzlichkeit der Ablenkung von einer anderen, als der verticalen Richtung. Den entscheidensten Antheil an dem Hervortreten dieser Verschiedenheiten aber hat das Verhältniss des Maasses und der Eintrittszeit der nachträglichen Streckung der erhärteten, nicht mehr der geocentrischen Beugung fähigen Theile der Wurzel zu der Länge des Querabschnitts von plastischer Beschaffenheit, und zur Dauer des Beharrens desselben im plastischen Zustande. Jene nachträgliche Streckung erfolgt, wie weiter oben erörtert (S. 98), in der Richtung, welche durch die bis dahin durchlaufene Entwickelung der einzelnen Gewebtheile gegeben ist. War diese eine krummlinige, so wird der Bogen ein längerer werden. Eine Beugung, welche ohne jene Dehnung scharf knieförmig erscheinen würde, wird so in eine sanfte, gerundete verwandelt. Beispiele für diesen Fall geben die meisten in lebhaftem Längswachsthum begriffenen Wurzeln. Bei diesen, z. B. den Hauptwurzeln der Leguminosen, Cruciferen, ist die beugungsfähige Strecke der Wurzel sehr kurz. Es tritt eine starke Längsdehnung sofort an der Stelle der Wurzel ein, wo die Zellwände die weiche, biegsame Beschaffenheit verlieren. Bei den Luftwurzeln von Orchideen ist diese Längsdehnung gering, der Querabschnitt der Wurzel, dessen Gewebe plastisch ist, von 0,5 bis 1 M. M. Länge; damit übereinstimmend ist die Beugung der fortwachsenden Spitze einer künstlich in horizontale Lage gebrachten Wurzel eine plötzliche und scharfe. Aehnlich verhalten sich die ersten Adventivwurzeln

der Keimpflanzen von Gräsern (Secale, Zea), ungeachtet der bedeutenden nachträglichen Längsdehnung ihrer Zellen. Die der Abwärtsbeugung fähige Stelle erreicht hier eine Länge von 0,5 bis 0,8 M. M.

Die Streckung in Richtung der Entwickelung ist es auch, auf welcher die von der Richtung der Hauptwurzel abweichende von Wurzeln zweiter und höherer Ordnung hauptsächlich beruht. Ich zähle an Wurzeln zweiter Ordnung keimender Erbsen in Richtung der Länge 33—59, bei der Linse 24—33 Zellen der Rinde, unmittelbar bevor die junge Wurzel aus der Oberfläche der Hauptwurzel hervorbricht. Eine sehr wenig höhere Zellenzahl (46—61 bei der Erbse, 27—38 bei der Linse) hat das Stück der Wurzel zweiter Ordnung, welches sich nach dem Auswachsen derselben senkrecht zur Längsachse der Hauptwurzel stellt. Mit der 47- bis 62sten, beziehendlich der 28—39sten Zelle beginnt die Beugung abwärts. Aber noch ein zweiter Umstand kann der Abwärtsrichtung von Wurzeln zweiter und höherer Ordnung, sowie von Adventivwurzeln entgegenwirken: die Hebung, welche in von der Verticalen abgelenkten Pflanzentheilen nach Eintritt hoher Spannungsdifferenzen der Gewebe durch Vermehrung der Dehnbarkeit elastischer Gewebe der unteren Längshälfte vor sich geht (S. 88). Die schräg aufwärts wachsenden Wurzeln von Pothos longifolia und Lantania borbonica machen einen abgeschälten Rindenstreif stark nach aussen concav; eine geschälte Wurzel, längsgespalten, wird an den dem Längsschnitt zugewendeten Flächen beträchtlich concav. Aehnlich bisweilen die Wurzeln von Zea Mays, von denen die zweiter und dritter Ordnung häufig aus dem Boden hervorkommen. Auch die Wurzel erster Ordnung, in feuchter Luft und im Dunklen sich entwickelnd, krümmt sich bisweilen, ohne alle merkliche äussere Ursache, plötzlich aufwärts; so dass eine völlige Schleife gebildet wird, wenn weiterhin die Wurzelspitze wieder abwärts wächst. Bei schmächtigen Wurzeln höherer Ordnung kommt endlich noch ein dritter Umstand ins Spiel, welcher sie hindert, der Neigung der Spitze zum Abwärtswachsen frei zu folgen: die geringe Intensität der Zellenvermehrung in dem von der Wurzelhaube bedeckten Vegetationspunkte. Es liegt auf der Hand, dass es eines gewissen Grades der Lebhaftigkeit dieser Zellvermehrung bedarf, um einen Querabschnitt der Wurzelspitze von plastischer Beschaffenheit herzustellen, von hinlänglicher Breite, um aus dem hinteren Rande der Wurzelhaube hervorrückend einen

Theil der freien Aussenfläche des bleibenden Theiles der Wurzel darzustellen, so dass er von der Schwerkraft beeinflusst werden kann. Wenn jene Zellvermehrung eine nur langsame, wenn dieser Querabschnitt ein so kurzer ist, dass er noch innerhalb des von der Wurzelmütze bedeckten Theiles der Wurzel fällt, dann wird der Zug der Schwere auf die in eine starre Hülle eingeschlossene biegsame Stelle wirkungslos bleiben, oder doch von verschwindend geringer Wirkung sein. Nun unterscheiden sich die Wurzeln höherer Ordnung von Dikotyledonen sichtlich dadurch von denen niederer Ordnung, dass dort die Streckung der neugebildeten Zellen des bleibenden Theiles der Wurzel relativ näher an dem Vegetationspunkte beginnt. Die Wurzelmütze, welche bei Dikotyledonen überhaupt höher herauf an der Wurzel reicht, als bei Monokotyledonen und Gefässkryptogamen, erstreckt sich bei Wurzeln dritter Ordnung von Pisum sativum und von Phaseolus vulgaris bis zu einer Stelle der Wurzel, deren Rindenzellen nahezu ihre volle Länge erreicht haben. Ebenso bei aus der Erde genommenen Wurzeln höherer (dem Grade nach nicht bestimmter) Ordnung von Helianthus annuus, Tropaeolum majus, Pinus silvestris. An der Hauptwurzel der Keimpflanzen derselben Arten ist das Verhältniss ein anderes. Die Zellen der Wurzelrinde haben am oberen Ende der Wurzelmütze kaum ein Achtel ihrer Länge. Die Annahme erscheint gerechtfertigt, dass in jenem Umstande der horizontale Verlauf der sogenannten Thauwurzeln im Boden begründet ist.*)

Die im Vorausgeschickten gegebene Darstellung der Mechanik der Aufwärtskrümmung der Wurzeln würde unhaltbar sein, wenn die von einem deutschen Forscher neuerdings noch scharf

*) Einer der anscheinend sonderbarsten Fälle des Aufwärtswachsens einer vermeintlichen Wurzel gehört gar nicht hierher: ich meine das Verhalten der Keimwurzel von Trapa. Das Radicularende des Embryo dieser Pflanze, welches beim Keimen auf mehrere Zolle Länge aus dem Samen hervortritt, verlängert sich nur durch vom Kotyledon nach der Extremität hin fortschreitende Dehnung seiner, im reifen Samen schon vorhanden gewesenen Zellen. Eine Hauptwurzel ist bei Trapa gar nicht vorhanden; die Wurzelmütze und ein von ihr bedecktes Punctum vegetationis fehlen dem Radicularende ganz und gar (Sachs, brieflich). Wir haben es also hier nur mit der Streckung eines hypokotyledonaren Stängelglieds zu thun; dass dieses aufwärts strebt, ist selbstverständlich. Aehnlich mag es sich mit der „Wurzel" der Keimpflanze von Cynomorium verhalten, deren Aufwärtswachsen Weddell beschreibt [Comptes rendus L (1860) 103].

betonten*) Angaben Pinot's**) und Payer's***) über das tiefe Eindringen der Wurzeln auf Quecksilber in einer dünnen Wasserschicht freiliegend keimender Saamen richtig wären. Pinot und Payer sind bereits 1845 durch Durand und Dutrochet†) so gründlich widerlegt, die Ursachen der Täuschungen jener sind so vollständig aufgedeckt worden, dass die ausführliche Mittheilung von mir selbst über diesen Gegenstand angestellter Beobachtungen kaum noch nöthig ist. Es sei nur kurz erwähnt, dass die Ergebnisse, welche ich erhielt, mit denen von Durand und Dutrochet völlig übereinstimmen: ich sah nur dann die Wurzeln von Keimpflanzen tiefer in Quecksilber eindringen, als die Last des aus der Flüssigkeit hervorragenden Theiles des Samens oder der Keimpflanze es bedingt, wenn die Pflanze, durch Eintrocknen in der das Quecksilber bedeckenden Wasserschicht gelöst gewesener Stoffe, der Oberfläche des Quecksilbers oder der Seitenwand des Gefässes adhärirten, und so oberhalb des Quecksilbers fixirt waren. — Eine Frage indess verdient noch eine Erörterung: kann die Wurzelspitze innerhalb einer Flüssigkeit von grösserem specifischen Gewichte, als ihr eigenes es ist, eine Krümmung abwärts ausführen?††) Durand's und Dutrochet's Versuche geben hierauf keine Antwort. Die Möglichkeit jenes Vorganges ist an sich nicht undenkbar. Es könnte sein, dass innerhalb des Luft- oder Wasser-erfüllten Raumes, welcher rings um eine gewaltsam in Quecksilber getauchte Wurzel in Folge der capillaren Depression des flüssigen Metalls vorhanden ist, die Wurzelspitze in derselben Weise durch die Schwerkraft beeinflusst würde, wie in feuchter Luft. Eine Reihe von mir angestellter Experimente gab aber nur negative Resultate — ein Erfolg, der nach dem oben mitgetheilten (S. 90) Verhalten der Wurzeln horizontal in Wasser schwimmender Keimpflanzen von Erbsen mich nicht überraschte. Ich befestigte Keimpflanzen von Erbsen mit Wurzeln von 3 bis 5 C.M. Länge und von Wicken (Vicia sativa), deren Wurzeln

*) Wigand, Botan. Unters. Braunschweig 1854, 137, 152.

**) Ann. sc. nat. XVII (1829) 94.

***) Comptes rendus XVIII (1844) 933.

†) Comptes rendus XX (1845) 1257.

††) Auf diesen Punkt mag sich die Aeusserung Mohl's (Wagner's Handwörterbuch d. Physiol. IV, 296) beziehen, denn das Eindringen der wachsenden Wurzel einer fixirten Pflanze in Quecksilber hat offenbar nichts Befremliches.

eine Länge von 1—2 C. M. erreicht hatten, jede mittelst zweier durch die Kotyledonen gebohrter feiner Nadeln an Korkpfropfen, so dass die Wurzeln in Winkeln von etwa 45° schräg nach unten gerichtet waren. Diese Pfropfen wurden der Innenwölbung von Glasglocken angekittet, und unter ihnen mit Quecksilber (auf welchem eine Wasserschicht) gefüllte Gefässe so aufgestellt, dass die Wurzeln 1—5 M. M. tief in das Quecksilber tauchten. Alle die Wurzeln, welche im Quecksilber nicht abstarben (über ein Drittheil ging zu Grunde), beugten im Quecksilber sich aufwärts, und wuchsen zum Theil endlich aus dessen Oberfläche wieder hervor.

In der Plasticität des Gewebes des Vegetationspunktes der Wurzel und in der mit der letzten, bedeutenden Streckung eintretenden Straffheit und Festigkeit der Zellen dieses Gewebes ist der Wurzel das Mittel gegeben, in poröse Substanzen auch dann tief einzudringen, wenn die Verschiebbarkeit der Theilchen derselben nur gering ist. Vermöge der Einwirkung, welche die Schwerkraft auf die Wurzelspitze übt, muss diese nothwendig in selbst sehr kleine Zwischenräume der sie umgebenden Substanz sich einsenken. Die Zunahme der Dicke der Wurzel drängt die sie umschliessenden Theilchen auseinander; die Streckung ihres Gewebes bohrt die Spitze abwärts, da eine Hebung der ganzen Pflanze bei der Reibung der höher gelegenen älteren Theile der Wurzel an dem umgebenden Medium nicht möglich ist.*)

Abweichungen des Wachsthums von Stängeln von der Richtung aufwärts.

Die Kraft, mit welcher ein von der Verticalen abgelenkter Pflanzentheil sich aufwärts krümmt, wird abgeschwächt durch die Last des an der Beugung sich nicht betheiligenden Endtheils. Ich habe früher erwähnt, dass in vielen Fällen diese Last gehoben, dieser Wiederstand überwunden wird (S. 94); aber dies geschieht nicht immer. Ein auffallendes Beispiel vom Gegentheil ist die Hängeesche. Der anatomische Bau und die Spannungsdifferenzen der einzelnen anatomischen Systeme sind in den jungen Zweigen

*) Ich erwähne diese selbstverständliche Beziehung der Wurzel zum Boden nur in Folge der von Wigand über diesen Punkt erhobenen Bedenken (a. a. O. 139, 140).

der Spielart der Esche mit hängenden Aesten genau die nämlichen wie bei der Stammform mit aufwärts wachsenden Zweigen.*) Nur darin waltet eine Verschiedenheit ob, dass bei der Hängeesche die Stängelglieder um Vieles länger und etwas schlanker sind, als bei der gemeinen. Man überzeugt sich leicht, dass bei der Hängeesche das Gewicht des Endtheils und der an ihm stehenden Blätter des in der Entwickelung begriffenen noch jungen, krautartigen Zweiges dessen weiter rückwärts gelegenen Theil im Bogen abwärts krümmt. Biegt man einen solchen Zweig vollständig zurück, so dass die bisherige Oberseite zur Unterseite wird, oder kehrt man den abgeschiedenen Zweig um, so tritt sofort eine der früheren entgegengesetzte, im Maasse aber ihr gleiche Krümmung ein. — Schneidet man die Endblätter eines jungen Zweiges hinweg, so vermindert sich seine Abwärtskrümmung. Wird ein in Entwickelung begriffener Zweig der Hängeesche in lebendiger Verbindung mit dem Baume gewaltsam, durch Aufbinden, in aufrechte Stellung gebracht und bis Ende des Sommers in dieser Stellung erhalten, so bleibt dieses Stück fortan aufrecht; nur der nach dem Aufbinden sich entwickelnde Trieb wendet sich wieder abwärts.

Auf einem anderen Grunde beruht die wagrechte oder schräg abwärts gehende Wachsthumsrichtung gewisser Stängelgebilde, der Ausläufer von Typha, Sparganium, einzelner Sprossen von Equisetum z. B. Derartigen Sprossen ist ein frühes, unverhältnissmässiges Wachsthum in die Dicke gemeinsam. Nahe unter dem Vegetationspunkte wird eine Anzahl dicht gedrängter Blätter angelegt, vor irgend welcher Streckung eines Stängelgliedes. Diese Streckung tritt dann, in einer bestimmten Zahl von Stängelgliedern vom Vegetationspunkte rückwärts, in je nur einem Stängelgliede plötzlich ein, und zwar mit ungewöhnlicher Lebhaftigkeit: die Streckung der Internodien ist an den unterirdischen Sprossen stärker, als an den oberirdischen. Innerhalb des im Knospenzustande befindlichen Endtheiles des Stängels mit dichtgedrängten Blättern bestehen keine merklichen Spannungsdifferenzen zwischen den verschiedenen anatomischen Systemen.

Bei Typha latifolia stehen die blattachselständigen Knospen,

*) Dutrochet behauptet, dass Längsstreifen aus dem Gewebe junger Zweige der gemeinen und der Hängeesche in entgegengesetzter Richtung sich krümmen (Mémoires II, 91). Das ist thatsächlich unrichtig.

welche zu Ausläufern sich entwickeln werden, bei ihrem ersten Sichtbarwerden senkrecht auf der kegelförmigen Aussenfläche des Stammes. Während des ersten, lediglich auf Zellenvermehrung des Endes beruhenden Längenwachsthums der Knospe biegt sich deren Spitze innerhalb der Achsel ihres Stützblattes abwärts. Der dazu erforderliche Spielraum ist der Knospe dadurch gegeben, dass sie in einiger Entfernung vom Stützblatt, und dieses Blatt senkrecht aufstrebend an dem kegelförmigen Stängel steht. Es spricht nichts gegen die Wahrscheinlichkeit, dass die Abwärtslenkung der Knospenspitze durch die unmittelbare Einwirkung der Schwerkraft auf das noch plastische Gewebe derselben erfolge. Während die Knospe diese Beugung vollzieht, wird sie zwischen den Basen zweier übereinander stehenden Blätter fest eingeschlossen, indem das sie tragende Stammstück (durch Streckung seiner axilen Gewebe) aus der stumpf kegelförmigen in eine nahezu cylindrische Gestalt überging.*) Jetzt erst beginnt die Streckung der älteren Internodien der Knospe des Ausläufers: nur eine geringe des ersten, dem Stamme unmittelbar ansitzenden, rechtwinklig zu dessen Fläche stehenden; eine sehr bedeutende dagegen des zweiten, in der Regel etwas nach abwärts gerichteten. In Folge dieser Streckung durchbohrt die Knospe den Grund ihres Stützblattes und der weiter nach aussen stehenden Blätter, und so dringt sie in den Boden oder ins Wasser. Während und nach der Dehnung tritt im gestreckten Internodium eine Differenz der Spannung des axilen Gewebes und der Epidermis ein: diese ist durch das Expansionsstreben jenes ausgedehnt. Wo der Ausläufer in bündigem Boden, in zähem Schlamme, unterhalb eines Geflechts von Wurzeln und dergleichen wächst, da ist das Streben der gestreckten Stängelglieder zur Aufwärtskrümmung, welches aus der an der Unterseite grösseren Dehnbarkeit der elastischen Epidermis hervorgeht, geraume Zeit lang nicht hinreichend, den Widerstand der den Ausläufer deckenden Bodenschichten zu heben. Die Spitze desselben verlängert sich so lange in der einmal eingeschlagenen oder in der aus dem Aufwärtsstreben und der diesem entgegenwirkenden Belastung resultirenden (in der grossen Mehrzahl der

*) Es ist einleuchtend, dass diese rein passive Ortsveränderung der Knospe eine beträchtliche Aenderung ihrer Richtung bedingt. Sie würde, wenn sie jede selbstständige Krümmung unterliesse, in horizontale Richtung übergeführt werden.

Fälle nahezu wagrechten) Richtung bis zum Eintritt eines günstigen Zufalls, welcher dem Ausläufer die Aufwärtskrümmung gestattet, oder bis zum Absterben des Mutterstammes und der dann (mit der Ernährung des Ausläufers durch die in dem unteren Theile jenes aufgespeicherten Nahrungsstoffe) eintretenden Kräftigung des Wachsthums und Steigerung der Kraft der Aufwärtskrümmung des Ausläufers. — Hebt man eine Pflanze von Typha mit horizontalen oder abwärts gerichteten Ausläufern aus dem Schlamme und lässt sie in reinem Wasser oder in feuchter Luft weiter vegetiren, so erfolgt unmittelbar bei der ersten ferneren Streckung eines bis dahin unentwickelten Internodiums eines Ausläufers eine plötzliche Aufwärtskrümmung desselben. Ebenso verhalten sich in feuchter Luft die im Boden wagrecht oder abwärts gewachsenen Sprossen von Equisetum arvense und palustre. Diese Sprossen der Equiseten stimmen auch in Bezug auf die Vorgänge bei ihrer ersten Anlegung darin mit denen von Typha überein, dass ein frühzeitiges beträchtliches Dickenwachsthum ihrer Knospe den Raum, innerhalb dessen sie sich entwickelt, sehr erweitert,*) so dass das weit vorgezogene Ende der Knospe dem Zuge der Schwerkraft nach unten ungehindert folgen kann. Das zeitige Dickenwachsthum, die frühe starke Entwickelung der Rindengewebe erscheint somit als Bedingung der Ablenkung des Knospenendes im jüngsten Zustande von der normalen Richtung seiner Entwickelung. Hierin mag das Zutreffende der Bemerkung Dutrochet's**) begründet sein, dass bei abwärts wachsenden Stängeln die Masse der Rinde diejenige der axilen Gewebe weit überwiege.

Die Erscheinung, dass nur geringe Differenzen der Spannung der verschiedenen anatomischen Systeme in Organen obwalten, welche durch anderweite Einflüsse leicht von der durch Einwirkung der Schwerkraft ihnen aufgeprägten Normalrichtung abgelenkt werden, ist eine weit verbreitete. In Bezug auf die das intensive Licht fliehenden Stängelenden von Hedera Helix erwähnte ich ihrer bereits (S. 90). Sie findet sich wieder bei den Wurzeln der Cordyline vivipara, welche (wenn die Pflanze in Wasser gezogen wurde) in ganz anders auffallender Weise vom einfallenden Lichtstrahl hinweg sich beugen, als die von Cruciferen. Die der Beugung convex gegen den einfallenden Strahl fähige Stelle fällt hier

---

*) Hofmeister, vergl. Unters. Taf. XIX. f. 20.

**) Comptes rendus XXI (1845) 1187.

vollständig zusammen mit der der geocentrischen Stimmung fähigen. Auch in dem zur Umschlingung anderer Gegenstände tauglichen Stücke des Stängels von Schlingpflanzen sind die Spannungsdifferenzen der Gewebe nicht bedeutend. Sehr gering, fast null, sind ferner dieselben Differenzen der Gewebtheile in den der Unterlage parallel wachsenden Sprossen der blattlosen Jungermannieen und der Marchantieen. Nur bei schwacher, in ihrer Einwirkung nicht bis zu dem Gewebe der unteren Stängelflächen dringender Beleuchtung tritt hier eine Differenzirung der Gewebe ein, welche bewirkt, dass alle neu entwickelten Sprossen vom Boden sich erheben, dem Lichte zu wachsend. Als ein letztes Beispiel will ich die hakenförmig gekrümmten Sprossenden von Ampelideen (Ampelopsis, Vitis) anführen, deren Beziehungen zum Lichte und zur Schwerkraft sehr verwickelte sind. Zu der Zeit, da diese Sprossenden, aus dem Knospenzustande hervortretend, sich hakenförmig beugen, da bestehen nur geringe, kaum merkliche Spannungsunterschiede zwischen den anatomischen Systemen derselben.*) Die Beugung geschieht unter allen Umständen lothrecht abwärts, innerhalb einer durch die Längsachse des Sprosses gelegten Verticalebene; auch dann, wenn der Spross nur seitlich dem Tageslichte zugänglich war. Dass aber diese Beugung vorwiegend durch das Licht, und nur beiher durch die Schwerkraft hervorgerufen wird, — dies zeigt nicht allein die Einkrümmung des Sprossendes über die Lothlinie hinaus (bei Ampelopsis ist das letzte Ende des Sprosses nicht senkrecht, sondern ganz in der Regel dem aufstrebenden älteren Theil des Sprosses nahezu parallel, schräg abwärts gerichtet) — sondern auch das Verhalten der hakenförmigen Sprossenden in völliger Dunkelheit: sie gleichen die Krümmung binnen 12—20 Stunden mehr oder weniger aus, oft bis zu vollständiger Aufrichtung. Dem Lichte ausgesetzt krümmen sie sich dann aufs neue. — Die hakenförmige Krümmung wird bei weiterer Ausbildung des Sprosses durch dessen Aufwärtsbeugung ausgeglichen. Diese Ausgleichung schreitet in der Regel allmälig von hinten nach vorn vor. Bei Ampelopsis hederacea findet man indess nicht

*) Die früher von mir hervorgehobenen Spannungsdifferenzen der Gewebe der gekrümmten Zweigenden von Vitis vinifera (diese Berichte, 1859, 193) treten nach Mitte des Sommers ein, während der bedeutenden Verlangsamung der Entwickelung; an der üppiger wachsenden Ampelopsis hederacea kommen sie so gut wie gar nicht zur Erscheinung.

eben selten Ausnahmsfälle, an denen die Aufwärtskrümmung mitten in dem hakenförmig gebogenen Stück begonnen und diesem eine S-Form verliehen hat. Spaltet man den Spross innerhalb der schwanenhalsartig gekrümmten Strecke, so tritt sofort in dem klaffenden Auseinanderspreizen der Längshälften die hier bestehende hohe Spannung der Gewebe hervor.

Rotationsversuche.

Mehrere der im Vorstehenden besprochenen Erscheinungen treten besonders anschaulich dann hervor, wenn man, nach Knigth's Vorgange, die Schwerkraft durch die Centrifugalkraft ersetzt.*) Vor allem das Beharren der Wurzel in der bisherigen Richtung während der ersten Stadien ihrer Verlängerung unter geänderten Verhältnissen. Erst nachdem eine bestimmte Verlängerung (bei Keimpflanzen von Ervum Lens etwa 0,75 M. M., von Vicia sativa etwa 1 M. M., von Zea Mays 1 M. M., von Secale cereale höchstens 0,5 M. M. betragend) stattgefunden hat, tritt die Aenderung der Richtung der Wurzel im Sinne des Rotationsradius hervor. Ich fand die Schnelligkeit der Rotation zwischen 60 und 300 Drehungen pr. Minute und einem Drehungshalbmesser von 75 und 120 M. M. ohne Einfluss auf die Länge jener Strecke.

Nach den übereinstimmenden Ergebnissen der Versuche von Knight, Dutrochet und Wigand bedarf es kaum der Erwähnung, dass auch ich bei horizontaler Rotation die Richtung der Wurzel und Stängel mit Steigerung der Schwungkraft mehr und mehr der wagrechten sich nähern sah. Die Mittheilung von Zahlen scheint mir überflüssig: noch weit auffälliger, als aus den Angaben Wigand's über diesen Gegenstand,**) tritt aus meinen Versuchen die Grösse individueller Verschiedenheit zwischen den Wurzeln von Keimpflanzen einer und derselben Art hervor. Die

*) Ich bediente mich bei meinen Versuchen eines durch eine starke Feder in Bewegung gesetzten Uhrwerkes, dessen Schnelligkeit sich bis auf 300 Umdrehungen pr. Minute steigern liess. Die dem Versuch unterworfenen Pflänzchen schloss ich, nach der von Dutrochet (Mém. II, 40) angewendeten, sehr zu empfehlenden Methode in dünn geblasene Ballons von Glas ein. Der Apparat verträgt keine starke Belastung, empfiehlt sich aber durch Compendiosität und bequeme Handhabung.

**) a. a. O. 149.

leichteste Ablenkbarkeit von gegebener Richtung zeigten mir die Wurzeln keimender Gräser, namentlich Secale und Zea, welche als Demonstrationsobject besonders zu empfehlen sein möchten. Nicht minder unnöthig erscheint die Erörterung der Frage, ob Stängel, ob Wurzel zeitiger von der Schwungkraft zu Richtungsänderungen veranlasst werden. Alles hängt hierbei vom Grade der Ausbildung des Stängels, von der Schnelligkeit des Wachsthums der Wurzeln ab. Experimentirt man nur mit keimenden Samen, so wird man, bei der Frühzeitigkeit der Wurzelentwicklung derselben, die Richtungsänderung der Wurzeln um vieles früher (nach 16—24 Stunden) und entschiedener wahrnehmen, als die der oberirdischen Theile. Ganz anders, wenn man entwickelte Stängel dem Versuche unterwirft. Der 137 M. M. lange einer Keimpflanze von Vicia sativa krümmte seine obere Hälfte nach vierstündiger Drehung, 200 Rotationen pr. Minute, Radius 61 M. M., zu einem gegen das Rotationscentrum concaven Bogen von 79° 38′.

Das Verhalten der fortwachsenden Spitze einer Wurzel zu einem, ihrer normalen Richtung in den Weg tretenden Hindernisse kommt in besonders augenfälliger Weise dann zur Erscheinung, wenn keimender Samen, in schnell rotirenden, engen gläsernen Ballons sich entwickelnd, mit ihren Wurzelenden auf die Wand des Ballons treffen. Ich brachte Maissamen, im Beginn der Keimung in kugelige Form von 25 M. M. Durchmesser. Die Samen wurden, mittelst durch das Endosperm gebohrter, in den die Oeffnung des Ballons verschliessenden Kork eingebohrter Nadeln im Mittelpunkte des kugeligen Raumes gehalten, der durch Einführung einiger Wassertropfen dunstgesättigt erhalten ward. Die Ballons rotirten bei verticaler Stellung der Rotationsaxe 150mal pr. Minute mit einem Rotationsradius von 43 M. M. Die Wurzeln wendeten sich radial nach aussen, mit der Horizontalebene einen Winkel von ca. 65° bildend, und erreichten die Wand des Ballons 44—48 Stunden nach Beginn des Versuchs. Indem sie hier sich aufstemmten, wurde der ältere Theil der Wurzel in einen seitlich (nach der Richtung der linksumläufigen Rotation hin) geöffneten Bogen gekrümmt, der binnen 6 Stunden soweit sich steigerte, dass die Wurzelspitze an der Innenwand des Ballons in horizontaler Richtung hinzugleiten vermochte. So verlängerte sie sich binnen weiteren 10 Stunden bis zu einem um 45° von dem ursprünglichen Berührungspunkte der Wurzel mit der Innenfläche des Ballons rückwärts entfernten Stelle. Von hier ab aber gewann die Ein-

wirkung der Centrifugalkraft die Oberhand über die durch den Contact mit der Ballonwand dem Wurzelende auferlegte Ablenkung von der Normalrichtung. Die Wurzelspitze bog nach aussen, S-förmig werdend, um, und verlängerte sich nun in einer, der bisherigen genau gegenläufigen Richtung, fortwährend dem Glase dicht angeschmiegt, von welchem der früher ihm anliegende Theil der Wurzel durch Aufstemmen der umlenkenden Wurzelspitze sich etwas entfernt hatte. Die Verlängerung der Wurzel dauerte in dieser Richtung fort, bis sie ein Viertheil des Umfanges des Ballons zurückgelegt hatte, also über den Punkt, in welchem die Rotationsachse die Ballonwand schnitt, und in welchem die Wurzel diese Wand ursprünglich berührt hatte, nach der anderen Seite hin um 45° hinausgewachsen war. Dann erfolgte eine zweite Umlenkung der Wurzelspitze, ganz in derselben Art vor sich gehend, wie die erste, aber in entgegengesetzter Richtung, und eine Entwickelung der weiter wachsenden Wurzel der Wand des Glases entlang, auf dem zuletzt zurückgelegten genau entgegengesetzten Wege. Die Wurzel erhielt schlangenlinigen Verlauf.

Ein nicht geringeres Interesse als die Versuche Knigth's nimmt der Versuch Hunter's nach der Erweiterung und Erklärung desselben in Anspruch, welche wir Dutrochet verdanken;*) denn er zeigt, dass die Gravitation, auch wenn sie auf ein Minimum reduzirt wurde, noch immer maassgebend auf die Richtung von Stängel und Wurzeln wirkt. Dutrochet fand, indem er keimende Samen von Vicia sativa in der Verlängerung einer beinahe horizontalen Rotationsachse anbrachte, dass Wurzeln und Stängel in Richtung dieser Achse sich entwickelten, die Wurzeln der Senkung, die Stängel der Hebung der Achse nach; und zwar auch dann noch, wenn die Neigung der Achse gegen die Ebene des Horizonts nur 4° 30′ betrug. — Bei meinen eigenen Versuchen trat bei so geringer Neigung der Rotationsachse diese Erscheinung nur selten hervor: in der Regel entwickelten sich die Wurzeln centrifugal, wenn ihre Spitze auch nur sehr wenig seitlich über die Verlängerung der Rotationsachse hinaus gelangt war; nur die Stängel verlängerten sich dann in der Richtung der Hebung der Achse. Der Grund dieser Abweichung der Hebung meiner Resultate von denen Dutrochet's liegt ohne Zweifel in der Schnelligkeit der Rotationen bei meinem Versuche (300 pr. Minute). Eine

*) Mémoires II, 43.

Neigung der Achse um weitere 5° erwies sich dagegen völlig ausreichend, um auch bei so rascher Drehung das Phänomen mit voller Klarheit zur Erscheinung zu bringen. — Es bedarf als selbstverständlich kaum der Erwähnung, dass geocentrisch gekrümmte Stängelstücke, welche sofort nach Eintritt der Beugung dem Hunter-schen Versuche unterworfen werden, sich wieder gerade strecken Doch nur langsam: Stängelstücke von Ervum Lens, deren Beugung etwa 40° betrug, bedurften zur Ausgleichung derselben einer. Zeit von 11 Stunden (bei einer Neigung der Rotationsachse von etwa 7°).

Der Hunter'sche Versuch ist sehr geeignet, das verschiedenartige Verhalten von Stängel und Wurzel während eines und desselben Experiments in eigenthümlicher Weise hervortreten zu lassen, wenn keimende Cruciferensamen demselben unterworfen werden. Befestigt man im Beginn der Keimung begriffene Samen von Lepidium sativum mittelst durch Samenschale und Kotyledonen gebohrter Nadeln in der Verlängerung einer schwach geneigten Rotationsachse, so entwickelt sich zunächst (bei einer Temperatur von + 13 bis 16° R. binnen 24 Stunden) nur die Wurzel, der Senkung der Rotationsachse folgend. Dann tritt die Dehnung des hypokotyledonaren Stängelgliedes ein. Dieses Stängelglied krümmt sich während seiner Streckung in einem gegen die Hebung der Rotationsachse concaven Bogen, welcher ganz in der Regel bis auf 180° steigt. Der Vorgang wird in etwa 10 Stunden beendet. Die während desselben gerade bleibende Wurzel wird durch ihn in die ihrer vorherigen diametral entgegengesetzte Richtung übergeführt: sie zeigt jetzt mit der Spitze nach der Hebungsseite der Achse. Bei weiterem Wachsthum der Wurzel biegt die sich verlängernde Spitze plötzlich um und wächst dem älteren Wurzeltheile parallel aber entgegengesetzt, der Senkung der Rotationsachse entsprechend weiter.

Ueber die Deorganisation der Pflanzenzelle, insbesondere über die physiologische Bedeutung von Gummi und Harz

von

A. Wigand.

A. Gummi und verwandte Stoffe.

Unter den gummiartigen Substanzen im weiteren Sinne unterscheidet man bekanntlich 1) das Dextrin, aufgelöst im Zellsaft kräftig vegetirender Pflanzentheile, wesentlichen Bestandtheil des Bildungssaftes und Hauptfactor in dem Assimilationsprocesse; 2) diejenigen Gummi-Arten, welche sich entweder als Ausfüllung gewisser Zellen, z. B. der Schleim in den Orchisknollen, in der Wurzel von Althaea officinalis, oder als Bestandtheile der Zellenwände des Gewebes (Algen) finden, oder ausserhalb der Zellen zwischen dem Pflanzengewebe als grössere Massen anhäufen, oder aus der Oberfläche in Form von Tropfen etc. hervordringen und erhärten. Unter den letztgenannten Gummi-Arten sind wieder zu unterscheiden: 1) das eigentliche Gummi, Arabin, in Wasser auflöslich und damit einen zähen, klebrigen Schleim gebend, z. B. das aus der Rinde gewisser Acacia-Arten hervorquellende Gummi arabicum, Gummi Senegal, Gummi Gedda, — und 2) das Bassorin, in Wasser nicht löslich, sondern nur zu einer nicht klebenden Gallert aufquellend, z. B. das aus gewissen Astragalus-Arten hervorquellende Traganthgummi. Das Kirsch- oder Pflaumengummi ist ein Gemisch von Arabin mit einem dem Bassorin ähn-

lichen, davon nur durch Löslichkeit in kochendem Wasser verschiedenen Stoff, dem Cerasin.

Früher nahm man allgemein an, dass die letztgenannten Gummata Secretionsproducte der Pflanze seien, aus den Zellen ausgeschieden und in eigenen Gängen abgelagert. In Uebereinstimmung damit wurden dieselben als ursprünglich flüssige, erst in der Folge erhärtende Stoffe betrachtet.

Hiergegen trat zuerst Kützing*) mit der Beobachtung auf, dass der Traganth nicht amorph und homogen sei, sondern unter dem Mikroskop aus lauter runden Zellen mit dicken geschichteten, innen mit einer dünnen Celluloseschicht bekleideten und mit Amylumkörnern erfüllten Wänden zusammengesetzt erscheine. In Beziehung auf den Ursprung und die Bedeutung erklärte jedoch Kützing diese Bildung unrichtiger Weise als einen selbständigen Organismus, nämlich für einen Pilz. Mohl**) bestätigte im Wesentlichen diese Structur des Traganths, wies aber zugleich den Ursprung desselben auf unzweifelhafte Weise in einer Aufquellung des dickwandigen Gewebes des Markes und der Markstrahlen bei den betreffenden Astragalus-Arten nach, indem die Zellmembranen dieses Gewebes eine von der Peripherie der einzelnen Zelle nach innen fortschreitende Deorganisation und gleichzeitig damit eine Umwandlung in Traganthgummi erleiden. Diese Ansicht wurde von Karsten***) und Schleiden†) bestätigt, und in der That kann man sich von der Richtigkeit derselben sehr leicht durch Beobachtung des Querschnittes des Stammes von Astragalus verus und verwandten, sowie des syrischen (Taf. V. 2.) und besonders des Smyrna- oder Blätter-Traganths (Taf. V. 1.) überzeugen. Der letztere zerfällt schon beim Aufweichen im Mund in lauter Körnchen, welche sich unter dem Mikroskop als Zellen mit stark verdickten und locker geschichteten Wänden ergeben, und durch Anwendung von Chlorzinkjod eine allmähliche Umwandlung des Zellstoffs in Bassorin erkennen lassen.

Für alle übrigen Gummi-Arten bestand bisher theils still-

---

*) Philosoph. Bot. I. p. 203. Vermuthungsweise sprach schon de Candolle (Pflanzenphysiologie, übers. von Röper I, p. 142) aus, dass das Aufquellen des Traganths daher rühre, dass der Gummistoff hier noch in Zellen eingeschlossen sei.

**) Bot. Zeitung 1857, p. 33.

***) Bot. Zeitung 1857, p. 319.

†) Bot. Pharmakognosie p. 266.

schweigend, theils ausdrücklich die Ansicht fort, dass es homogene, erhärtete, durch Secretion entstandene Säfte seien.

Aus dem Folgenden wird hervorgehen, dass die von Mohl für den Traganth nachgewiesene Entstehungsweise eine viel allgemeinere, wenn nicht für sämmtliche Gummi-Arten ausgedehnte Geltung hat.

Zunächst gelang mir diess sehr leicht für die übrigen aus Bassorin bestehenden Gummi-Arten nachzuweisen. Bei dem Gummi Bassora von unbekannter Abstammung*) lässt sich (Taf. V. 4.) die Zusammensetzung aus Zellen und der Schichtenbau der verdickten Zellenwände grossentheils ebenso deutlich erkennen wie bei dem Traganth; aber auch an denjenigen Stellen oder bei denjenigen Proben, wo die Masse keine Zellenumrisse wahrnehmen lässt, machen die in derselben eingebettet liegenden Haufen von Amylumkörnern, entsprechend denen, welche die Höhle der an anderen Stellen wahrnehmbaren Zellen erfüllen, die Bedeutung dieser homogenen Masse als aus aufgequollenen Zellwänden zusammengeflossen unzweifelhaft; denn angenommen, dieselbe sei im flüssigen Zustand aus gewissen Zellen secernirt, so würde das Vorkommen von Stärkmehl in der erwähnten Weise unerklärlich sein, da Stärkmehl sich weder ausserhalb einer lebendigen Zelle bilden, noch durch die Wand einer Zelle ausgeschieden werden kann. Sollte dasselbe aber nur ein zufälliger Einschluss sein und von zerstörten Zellen herrühren, so würde die Anordnung der Körner eine andere ein, und es müssten sich zugleich in dem Gummi Ueberreste der zerstörten Zellen eingeschlossen finden. Endlich glaube ich an solchen Stücken, welchen Theile der Rinde anhängen, einen Uebergang der homogenen Gummimasse in ein dickwandiges Rindengewebe zu erkennen. Bei Gummi Kutera**) zeigt sich an manchen Stellen eine undeutliche Anhäufung von rundlichen, aber nicht scharf begrenzten Zellen, an anderen Stellen sind die Zellen grösser, von deutlicher Dicke der Wand, aber nicht ringsum begrenzt, sondern nach gewissen Seiten unter ein-

*) Jedenfalls ist die übliche Annahme der Acacia leucophloea als Stammpflanze nicht richtig, indem weder der Stärkmehlgehalt noch die Form der Zellen dieser Gummi-Art im Entferntesten mit dem Gummi erzeugenden Gewebe der Acacia-Arten (s. unten) übereinstimmt.

**) Der vollständige Mangel an Amylum im Kuteragummi lässt mir die von den neuesten Pharmakognosten angenommene Identität mit dem Bassoragummi, welches stets Amylum einschliesst, sehr zweifelhaft erscheinen.

ander zusammenfliessend, an wieder anderen Stellen dagegen von scharfer Begrenzung. Auch hier geben anhängende Rindentheile Gelegenheit, einen allmählichen Uebergang des Gummi in das Rindengewebe zu beobachten. Das vom Stamme mancher Cacteen ausgesonderte Gummi habe ich nicht Gelegenheit zu untersuchen, indess deutet die Angabe von Schacht,*) dass ein häufig aus alten Zweigen von Opuntia Ficus indica abgesondertes, dem Traganth sehr ähnliches Gummi in der Regel noch Stärkmehlkörner enthalte, auch auf eine physiologische Uebereinstimmung mit dem Traganth hin.

Ungleich schwieriger ist die Nachweisung des Ursprungs für das Kirschgummi und das Gummi der Amygdaleen überhaupt, weil hier durchaus keine Structur zu erkennen ist, welche Aufschluss über das Verhältniss zur Zellenmembran geben könnte, wie denn auch der Bruch nicht wie beim Traganth und Bassoragummi opak, sondern glasartig erscheint. Es ist deshalb nöthig, die Entstehung dieses Gummis unmittelbar zu verfolgen, und zu diesem Zweck, da die Verhältnisse hier viel complicirter sind als beim Traganth, zunächst den normalen anatomischen Bau des Stammes von Prunus avium, soweit derselbe hier in Betracht kommt, zu beschreiben.

Das Holzgewebe besteht aus stark verdickten Holzzellen und Gefässen, welche theils vereinzelt, theils unregelmässig gruppirt durch die ganze Jahresschicht vertheilt sind, jedoch nach innen zu sowohl grösser, als auch reichlicher sind als nach aussen. Holzparenchym fehlt in der Regel ganz. Die Markstrahlen sind sechs Zellenlagen breit oder auch schmaler und 10—20 Zellenlagen hoch. Die Zellen sind rectangulär, radial gestreckt, derbwandig, porös, mit Amylum erfüllt und gerbstoffhaltig, die Wände werden wie die Holzzellen und Gefässe durch Salzsäure violett gefärbt. Die Markstrahlen des Holzes setzen sich ununterbrochen in die Rinde als weisse zähe Bänder fort, die Maschen zwischen den der Länge nach schlängelig verlaufenden Bastlamellen durchsetzend. Die Markstrahlen der Rinde unterscheiden sich von denen des Holzes dadurch, dass die Zellenwände weniger derbwandig sind, durch Salzsäure nicht violett gefärbt werden, und dass die Zellen nur wenig Amylum, dagegen reichlich Oel enthalten, auch ist der Gerbstoff derselben von dem des Holzes etwas verschieden, indem

*) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie II. 558.

er durch Kali nicht so rein und lebhaft gelb gefärbt wird. — Den Holzbündeln entsprechen die Baststrahlen. Nach der Holzgrenze hin gehen dieselben ganz allmählich in den cambialen Zustand über, so dass kein nach aussen scharf begrenzter Cambiumring zu unterscheiden ist. In dieser cambialen Region besteht der Bast aus lauter gleichartigen polyedrischen, radial angeordneten, ziemlich derbwandigen Zellen (V. 12), mit körnig-trübem Inhalt und etwas Gerbstoff. Nach aussen differenciiren sich diese Zellen allmählich in folgende verschiedene Zellenformen des fertigen Bastgewebes. Die Grundmasse der letzteren wird gebildet durch ein Prosenchym von eigenthümlichem Bau; bei dem grössten Theil der Cambiumzellen dehnt sich nämlich die Wand im Umfang so beträchtlich aus, dass sich dieselbe, in Ermangelung des Raumes, wellig faltet (V. 13. 14.) und hierdurch sowie durch die gleichzeitig erfolgende starke Verdickung wird die Zellenhöhle in dem Grade verengt, dass sie nur als ein schmaler, in der Regel sternförmig verzweigter oder labyrinthförmig gewundener Gang (V. 15.) oder als schlängelige Linie (V. 16.) erscheint. Indem nun die benachbarten Zellen mit ihren Aus- und Einbiegungen ineinandergreifen und aufs innigste verschmolzen sind, entsteht daraus eine scheinbar ganz homogene, bei genauerer Betrachtung von feinen, mehr oder weniger labyrinthartigen, nur schwierig als Zellenhöhlen zu erkennenden Linien durchzogene Masse, welche sich hornartig schneidet und auf dem Querschnitt dunkel, dicht und wachsglänzend erscheint. Dieses Gewebe, welches, so viel mir bekannt ist, von den Anatomen sonst nicht beachtet, wenigstens nicht hervorgehoben worden ist, obgleich es als Bestandtheil des Bastes weit verbreitet zu sein scheint,*) werde ich vorläufig wegen seiner Consistenz Hornprosenchym oder Hornbast nennen.

*) Der Hornbast findet sich vorzugsweise bei den glattbrüchigen Rinden und bildet hier zum Theil ausschliesslich das Gewebe der Bastschicht, ohne dass eigentliche Bastzellen vorhanden sind, z. B. Canella alba, Wurzelrinde von Punica Granatum (während die Stengelrinde auch Bastzellen enthält), Guajacum officinale (die zugleich vorkommenden kurzen dicken, mit Porenkanälen versehenen Bastzellen sind wohl eher als Steinzellen zu betrachten), Galipea officinalis (Cort. Angusturae gen,), Neotandra Rodiaei (Cort. Bebeeru, Bast aus Hornprosenchym und Steinzellen, ohne Bastzellen), Abies excelsa (der Hornbast aus bandförmigen, in der Richtung des Radius flach gedrückten Zellen mit wellig gebogenen Rinden bildet peripherische Schichten). — Beispiele von Pflanzen, bei denen in dem Bast Hornprosenchym und Bastzellen zugleich vorkommen: Rhamnus Frangula (Bastzellen in Bündeln, in der älteren Rinde besteht

In dieser Grundmasse (V. 10. 11. h.) gleichsam eingebettet liegen die eigentlichen Bastzellen (V. 10. 11. b.), von gewöhnlichem Bau, theils vereinzelt, theils unregelmässig gruppirt; besonders bei jüngeren Rinden liegen grössere Gruppen von Bastzellen in bestimmten Entfernungen von aussen nach innen, wodurch in der ganzen Rinde peripherische Zonen entstehen. Ausserdem enthalten die Baststrahlen andere cylindrische stark verdickte Zellen von ungleich stärkerem Durchmesser, mit abgerundeten Enden, unregelmässig gekrümmt, oft knieförmig gebogen, deshalb theils vertical, theils horizontal gerichtet, zum Theil selbst verzweigt, theils im Hornbast, theils auf der Grenze zwischen Bast- und Markstrahlen oder innerhalb der Markstrahlen (V. 11. b'). Man würde nach den angeführten Eigenschaften geneigt sein, diesen Prosenchymzellen eine von den Bastzellen verschiedene Bedeutung, etwa die der Steinzellen, beizulegen, wenn nicht andrerseits der Unterschied von den Bastzellen durch mancherlei Uebergänge verwischt würde. Endlich finden sich in den Baststrahlen, namentlich in den breiteren, rundliche, ziemlich dünnwandige Zellen, dem Inhalte nach ziemlich mit den Markstrahlenzellen übereinstimmend (V. 11. p.). Diese Bastparenchymzellen liegen in den Baststrahlen theils unregelmässig zerstreut, theils in wurmförmig gebogenen Reihen angeordnet, das dichte Gewebe der Baststrahlen in der Richtung von innen nach aussen durchziehend, während sie in schmaleren Baststrahlen oft ganz fehlen. Auch treten solche Zellen seitlich aus den Markstrahlen hervor. In chemischer Beziehung stimmen dieselben mit den Markstrahlenzellen überein, indem sie Stärkmehl, Oel und Gerbstoff enthalten; der Hornbast und die Bastzellen sind ebenfalls etwas gerbstoffhaltig, letztere werden wie die Holzzellen durch Salzsäure violett, im Hornbast zeigt sich diese Reaction nicht oder nur ausnahmsweise*). Auch besteht letzterer, abgesehen von dem geringen Gerbstoffgehalt, aus fast reinem Zellstoff, während die Bastzellen verholzt sind. Zwischen den Bast-

---

die innerste Schicht nur aus Hornbast), Croton Eluteria (Cort. Cascarillae), Strychnos nux vomica (Cort. Angusturae spur.), Fagus silvatica (der Hornbast die einzelnen Bastzellen umgebend), Stryphnodendron Barbatimao Mart. (Cort. adstringens, der Hornbast in der Bastschicht unregelmässig vertheilt, ohne bestimmte Beziehung zu den Bastzellen), Acacia, Heudelotia africana, Ferula Asa foetida, die Stammpflanze des Copal, Hedera Helix u. a.

*) Ein vortreffliches Mittel, die Vertheilung der Bastzellen leicht und bestimmt wahrzunehmen.

und den Markstrahlen liegen isolirte Krystalldrusen (V. 11. x.). Durch die angegebenen Verhältnisse besitzt die Bastschicht einen sehr deutlich strahligen, und indem sich Bast- und Markstrahlen leicht von einander ablösen, einen strahlig-blättrigen Bau (V. 8. 9.); jedoch verlaufen die Strahlen keineswegs geradlinig, sondern schlängelig, und weichen überdiess auch in ihrer Gesammtrichtung bei älteren Rinden stets von dem Radius abwechselnd nach der einen und nach der anderen Seite ab, dadurch parallele Zickzacklinien darstellend. Nach aussen lösen sich die Baststrahlen in die Parenchymschicht auf, der Hornbast bildet nur zerstreute Massen, die Bastzellen liegen nicht immer in denselben, sondern zwischen dem Parenchym zerstreut.

Was die Korkbildung betrifft, so sind zwei Formen zu unterscheiden: 1) das pergamentartige Periderma, von fester und dichter Beschaffenheit, hornartig zu schneiden, auf dem Schnitt dunkel und glänzend, mit undeutlichem Zellenbau, aus sehr flach gedrückten, tafelförmigen, dickwandigen Zellen, welche in der Richtung der Peripherie (VII. 3. A.) sehr lang, etwa dreimal so lang als in der Richtung der Höhe (B) gestreckt sind, und besonders auf dem radialen Längsschnitt einen wellenförmigen Lauf zeigen. Dieses Periderma bildet dicke peripherische Schichten in dem Umfang der Rinde, welche die Oberfläche eben machen und sich in langen zähen Bändern ablösen; dadurch, dass einzelne dieser Schichten sich unter einem Winkel von dem concentrischen Periderma abzweigen und sich durch die Rinde hindurch verzweigen, werden die äusseren Theile der letzteren als todte Borke von der lebendigen Rinde abgeschnitten. 2) Das häutige Periderma, als zarte weisse Linien erscheinend, aus dünnwandigen, genau hintereinander liegenden tafelförmigen Zellen bestehend, tritt mehr im Innern der Rinde und mehr unregelmässig auf, hier und da abgestorbene Gewebspartieen von der lebendigen Rinde trennend.

Innerhalb des so beschaffenen Stammes von Prunus avium findet nun die Bildung des Gummi, je nachdem das eine oder das andere Gewebe dabei betheiligt ist, in sehr mannigfacher Weise statt. Es lassen sich in dieser Beziehung, soweit meine Beobachtungen reichen, folgende Formen der Gummi-Erzeugung unterscheiden:

1. Das Gummi entsteht unter gewissen Umständen durch Deorganisation der Gefässwandungen. In manchen Partieen des Holzes erscheinen auf dem Querschnitt alle oder ein grosser

Theil der Gefässe mit einer gelben homogenen Gummimasse erfüllt; bei manchen Gefässen bildet jedoch das Gummi nur eine mehr oder weniger dicke, gleichmässige, scharf begrenzte, hier und da von Porenkanälen durchbrochene Wand. Dass es hier die Membran der Gefässe selbst ist, durch deren Aufquellung und chemische Umwandlung das Gummi entsteht, wird dadurch bestätigt, dass jene die Gefässhöhle ganz oder zum Theil ausfüllende Gummimasse jene Eigenschaft der unveränderten Gefässwand, durch Salzsäure violett gefärbt zu werden, mehr oder weniger deutlich beibehält. Unzweifelhaft wird diese Ansicht durch die auf dem Längsschnitte wahrnehmbaren Uebergänge. Bald ist nämlich die noch mit ihrer eigenthümlichen Configuration (theils sind es Tüpfel, theils feine Ringe, theils beide Zeichnungen mit einander verbunden) vollständig versehene Gefässwand gelb gefärbt wie das Gummi, — bald zeigen sich auf dem die Gefässhöhle ausfüllenden Gummi-Cylinder nur noch stellenweise die Spuren der Tüpfel oder der Ringe, — bald und zwar am häufigsten ist die Zeichnung auf dem Gummi-Cylinder gänzlich verschwunden; und zwar lassen sich diese Fälle oft an einem und demselben Gefäss in allmählichen Uebergängen beobachten. Indem durch diese Umstände die etwaige Annahme, dass das Gummi aus den umgebenden Zellen ausgesondert und in die Gefässe ergossen sei, bestimmt ausgeschlossen wird, bleibt vielmehr als die einzig mögliche Erklärung eine Umwandlung der Gefässwand selbst in Gummi übrig.

2. Allen übrigen Formen, unter welchen Gummi innerhalb des Holzkörpers erzeugt wird, liegt eine gemeinsame Erscheinung, nämlich ein abnormes Auftreten von Holzparenchym an gewissen Stellen zu Grunde.

a. Zunächst finden sich mitunter im Holz Gummihöhlen, grösser als die vorigen, aber doch noch so klein, dass sie dem blossen Auge nur als braune glänzende Punkte erscheinen. Sie nehmen stets den Raum zwischen je zwei Markstrahlen ein, und zwar liegt zwischen je zwei Jahresgrenzen in der Regel eine solche Gummihöhle, bald mehr an der inneren Grenze der Jahresschicht, bald mehr in der Mitte derselben, bald mehr nach aussen; zuweilen liegen zwei, seltener drei derselben hinter einander, und da sich dieselbe Erscheinung in den benachbarten Holzstrahlen wiederholt, so bilden diese Gummibehälter in der betreffenden Jahresschicht je 1—3 concentrische, sich über einen mehr oder weniger grossen Theil des Umfangs erstreckende Reihen von Punkten. Es

ist eine abnorme Bildung, welche besonders in solchen Jahresschichten, welche in Folge einer Zerstörung des Cambiums unvollständig sind, und zwar hier nur in einer gewissen Nähe der Ueberwallungsränder, d. h. so weit sich vor der Ueberwallung die entblösste Oberfläche des Holzkörpers oder der Einfluss der abgestorbenen Rinde und der Athmosphäre auf die Cambiumschicht erstreckte, auftritt (VII. 2.); wo ich diese Gummibildung bei ungestörtem Wachsthum in ringsumlaufenden Ringen beobachtete, da waren es ältere bereits im Absterben begriffene Bäume und hier stets nur in den äussersten Jahresringen. Die physiologische Bedeutung dieser Gummibehälter ist nun folgende. Während dem Holz der Süsskirsche das Holzparenchym in der Regel fehlt, tritt dasselbe mitunter als abnorme Bildung, nämlich unter den eben angegebenen Umständen in Gestalt von Strängen auf, welche an den oben bezeichneten Stellen das normale Holzgewebe, gleichsam durch eine Umwandlung des letzteren, ersetzen; dieselben nehmen die ganze Breite zwischen je zwei Markstrahlen ein, zeigen auf dem Querschnitt einen quadratischen oder rundlichen Umriss und durchsetzen den Holzkörper mehr oder weniger weit in der Länge. Die Zellen dieses Holzparenchyms (V. 7 p.) stimmen im Allgemeinen mit denen der Markstrahlen überein, sie sind wie diese derbwandig und porös, mit Amylum erfüllt, jedoch gerbstofffrei, und unterscheiden sich namentlich von den radial gestreckten Markstrahlzellen durch ihre kubische oder etwas tafelförmige Gestalt; von den Holzzellen (V. 7.), mit denen sie auf dem Querschnitt ähnlich sind, unterscheiden sie sich, abgesehen von der Fadenform der ersteren, durch weniger verdickte Wände, durch den Gehalt an Stärkmehl und namentlich durch ihre Anordnung, indem sie nicht wie jene unregelmässig, sondern in strahlenförmig nach dem Mittelpunkt der ganzen Gruppe gerichteten Reihen hintereinander stehen. Endlich zeichnen sie sich sowohl von den Markstrahlen, als von den Holzzellen durch eine viel intensivere violette Färbung bei der Behandlung mit Salzsäure aus. Der mittlere Raum je einer solchen Partie von Holzparenchym wird nun ausgefüllt durch eine mehr oder weniger flüssige Gummi-Masse (V. 7. g.), welche sich jedoch nicht der ganzen Länge nach durch den Strang erstreckt, sondern von Strecke zu Strecke durch Holzparenchym unterbrochen ist, so dass auf dem Längsschnitt (V. 6.) eine Reihe von rundlichen oder länglichen Gummihöhlen über einander liegen. Dass dieses Gummi nicht etwa durch Aussonderung aus den um-

gebenden Parenchymzellen, vielmehr durch Auflösung der letzteren selbst entstanden ist, wird durch die mancherlei Uebergangsbildungen, welche man theils an den peripherischen, theils an den hier und da isolirt in der Gummimasse eingeschlossenen Zellen des Holzparenchyms beobachten kann. ausser Zweifel gesetzt. Es zeigt sich diess theils durch eine von aussen nach innen fortschreitende Auflockerung und Auflösung der Zellenwand, theils an den Spuren der Schichtenbildung und den Poren, welche sich hier und da noch in der übrigens bereits fast ganz homogenen Gummimasse erkennen lassen. Auch deutet die intensiv violette Färbung der letzteren durch Salzsäure auf die Entstehung durch blosse Deorganisation der durch dieselbe Reaction ausgezeichneten Zellenwände. Zugleich ist zu bemerken, dass an dieser Umwandlung in Gummi auch die in jenen Zellen enthaltenen Amylumkörner Theil nehmen.

b. Ausnahmsweise kommt es vor, dass in einem der Holzbündel einer Jahresschicht jene Bildung von Holzparenchym auf Kosten sämmtlicher Holzzellen und Gefässe in der Art überhand nimmt, dass dasselbe nicht nur ausschliesslich aus solchem Gewebe besteht, sondern auch zugleich sich noch bedeutend verdickt und verlängert, so dass dieses parenchymatische Holzbündel, als ein breiter Keil sich aus der Holzschicht hervordrängend, mit abgerundetem Ende in die Rinde hineinragt, von derselben durch eine scharfe Cambiumlinie abgegrenzt (VI. 5. p'). In dieser grösseren Anhäufung hat das Holzparenchym ein mattes weisses Ansehen und ein steiniges Gefüge. Die Zellen haben dieselbe Bildung wie bei a), nur dass sie nicht so regelmässig reihenartig angeordnet sind, werden aber wie dort durch Salzsäure intensiv violett gefärbt. Inmitten dieses Gewebes sind wie in den benachbarten Holzbündeln zwei Gummidrusen, aber verhältnismässig grösser, und, indem eine derselben den äusseren verdickten Theil des steinigen Keils einnimmt, aus den beiden concentrischen Reihen der übrigen Gummidrusen heraustretend.

c. Ferner treten im Holzkörper des Kirschbaums zuweilen einzelne grössere, ganz unregelmässig gestellte Drusen von Gummi auf. Auch hier beruht die Erzeugung des letzteren nicht auf einer Absonderung aus gewissen Zellen, sondern auf einer Verflüssigung und chemischen Umwandlung von Zellgewebe und zwar desselben steinigen Holzparenchyms wie in den beiden vorigen Fällen. Hier hat jedoch dasselbe eine noch grössere Ausdehnung

erfahren, indem es nicht bloss auf ein einzelnes Holzbündel beschränkt ist, sondern, auch die Markstrahlen verdrängend, sich über einen grösseren Theil des Umfangs einer Holzschicht erstreckt; und zwar fassen wir zunächst den Fall ins Auge, wo die Holzschicht nicht ihrer ganzen Dicke nach, sondern in der Weise sich in Holzparenchym verwandelt hat, dass sowohl nach innen als nach aussen eine Lage normalen Holzgewebes stehen bleibt und sich in die übrige Holzschicht fortsetzt. So ist es z. B. bei einer innerhalb der äussersten Jahresschicht sich etwa 1″ weit in der Richtung der Peripherie erstreckenden Gummidruse (VI. 1. p p′ g″, 13. g″). Auch hier hat die eingebettete Masse von Gummi, resp. Holzparenchym in radialer Richtung eine grössere Ausdehnung, als das durch sie verdrängte normale Holzgewebe; dadurch wird eine bedeutende Ausweitung der äusseren Grenze der Jahresschicht bewirkt. Schon diese Erscheinung allein genügt, die Erzeugung der eingeschlossenen Gummimasse in Folge einer nachträglichen Ausscheidung und Anhäufung innerhalb des Holzgewebes als unmöglich zu beweisen, indem die Ausbiegung der äussersten Holzlagen nicht etwa durch den Druck einer im Innern auftretenden Masse, sondern nur dadurch erklärlich wird, dass diese Masse bereits im Innern der Cambiumschicht entstanden ist, und dass sich aus dem ausserhalb jener Anschwellung befindlichen Cambium das normale Holzgewebe gebildet und während der Bildung den Verlauf angenommen hat, welcher ihr durch die von ihr bedeckte secundäre Massenbildung vorgezeichnet wurde. Im Einzelnen zeigt sich nun Folgendes. Die äusserste Jahresschicht (h) beginnt mit einer dünnen Lage von Holz mit Markstrahlen, zwischen denen je eine solche Gummihöhle, wie unter 2, a) beschrieben wurde, das Holzprosenchym verdrängt; unmittelbar an diese Schicht grenzt fast ohne Uebergang eine Lage von vollkommen structurlosem braunem Gummi (VI. 1, g″; 13, g′), nach aussen geht dieses allmählich in das steinige Holzparenchym p′, p über; der Uebergang des letzteren in die weiter nach aussen folgende normale Holzschicht geschieht in der Weise (VI. 2.), dass sich das Steinparenchym gleichsam in eine Reihe von Markstrahlen (rm) zertheilt, welche, nach aussen sich keilförmig vorschiebend, spitzbogenförmige Zwischenräume bilden, die durch die eigentlichen Holzplatten (h h) eingenommen werden. Das steinige Holzparenchym (p) besteht aus derbwandigen porösen Zellen, welche im Allgemeinen kubisch sind und in radialen Reihen hinter einander liegen, nur in der Nähe der Holz-

schicht sind die Zellen (2, 4, pe) unregelmässig polyedrisch und nicht strahlig geordnet. Eine scharfe Grenze bei x trennt dieses Gewebe in eine äussere farblose, aber durch Salzsäure intensiv violett gefärbte (p i) und in eine innere braune Schicht (p′) ohne jene Reaction. Die Zellen dieses Gewebes sind reich an Gerbstoff, während die der Markstrahlen arm daran sind (also umgekehrt wie in dem Falle 2a); beide Gewebe enthalten reichlich Amylum, welches jedoch nach innen in der Schicht p′ zum Theil verschwindet. Dass nun die Gummimasse g wirklich durch eine Umwandlung des Steinparenchyms entsteht, erkennt man an dem allmählichen Uebergang des letzteren in die erstere, welcher sich in dem Aufquellen und allmählichen Zerfliessen der einzelnen Zellenwände in die Substanz des Gummis, sowie in den bei letzterer an der Grenze wahrnehmbaren zarten Zellenumrissen, feinem Schichtenbau oder Andeutungen von Poren als Spuren eines ursprünglichen zelligen Baues ausspricht (VI. 4., g.). Aber nicht bloss in der Schicht p′, sondern auch innerhalb der Schicht p i lösen sich hier und da Zellengruppen in Gummi auf. Wie die Zellenwände, so quellen auch die Stärkmehlkörner auf und erleiden zugleich mit dem Zellstoff die Umwandlung in Gummi.

d. Endlich kann dem Auftreten grösserer mit Gummi erfüllter Räume im Holz die Erscheinung zu Grunde liegen, dass die Cambiumschicht sich bei der Anlegung einer gewissen Holzschicht nicht nur in einer gewissen Ausdehnung in peripherischer Richtung, d. h. über mehrere Holzbündel, sondern auch ihrer ganzen Dicke nach in das gummierzeugende Gewebe verwandelt; alsdann ist natürlich das Dickenwachsthum des Holzkörpers an dieser Stelle auch für die Folge unterbrochen, die Wände der nachfolgenden Holzschichten verschliessen die Wunde nur unvollständig, man findet alsdann tief im Innern des Holzkörpers eine Gummimasse, welche (falls nicht etwa, was ich kein Mal wahrgenommen habe, später eine wirkliche Ueberwallung erfolgt) nach aussen durch einen Kanal, der mit abgestorbenen oder ebenfalls in Gummi verwandelten Rindentheilen ausgefüllt ist, gegen die Oberfläche des Stammes offen liegt.

3. Jenes Steinparenchym, welches, wie wir oben sahen, fast überall, wo im Holzkörper Gummi auftritt, für die Erzeugung des letzteren durch Verflüssigung der Zellenwände das Material liefert, erscheint aber auch hier und da in der Rinde, und spielt hier

dieselbe Rolle bei der Gummibildung wie im Holz. Es lassen sich, was die Beziehung dieses Gewebes zum Holzkörper betrifft, wieder folgende Formen des Auftretens unterscheiden.

a. In dem oben (Nr. 2 b) beschriebenen Falle (VI. 5.), wo eins der Holzbündel der äussersten Jahresschicht, in Holzparenchym (p') umgewandelt, sich keilförmig nach aussen hervordrängt, liegt diesem Keile innerhalb der Rinde eine Masse (p) desselben Gewebes unmittelbar an, von demselben jedoch durch eine scharfe Linie, der Fortsetzung der Holzgrenze, getrennt. Diese Masse löst sich nun, nicht wie das Holzparenchym, von innen nach aussen, und dadurch eine centrale Gummihöhle bildend, sondern an ihrer freien Oberfläche, d. h. seitlich und nach aussen, in Gummi auf, wie man dies an den einzelnen Zellen der Peripherie, deren Wände aufquellen und in die formlose Gummimasse zerfliessen, deutlich erkennt. In der letzteren bemerkt man noch hier und da die zarten kugeligen Umrisse der Zellen (VI. 7.), einzelne der in der Auflösung begriffenen Zellen liegen isolirt in dem formlosen Gummi eingebettet.

b. In anderen Fällen steht das Steinparenchym in einem continuirlichen Zusammenhange mit dem Holzkörper und zwar vermittelst eines der Markstrahlen (IV. grm) der äussersten Holzschicht, welcher sich schon in der Zone des Cambiums (c) nach aussen keilförmig verbreitert und in ein Gewebe aus strahlenförmig angeordneten Parenchymzellen p' übergeht; dieses erweitert sich nach aussen noch mehr, wobei die Zellen mehr rundlich und derbwandiger werden, auch ihre radiale Anordnung verlieren (p), dieselbe aber weiter nach aussen (p') wieder annehmen, und erscheint so als eine steinige, in die Rinde hineinragende Platte, welche an ihrer Oberfläche in die umgebende Gummimasse zerfliesst. Während in diesem Falle die Holzgrenze gleichmässig verläuft, kommt es auch vor, dass jene Steinparenchymmasse sich gleichsam von aussen in den Holzkörper hineindrängt, indem die äusserste Holzschicht beiderseits sich nach innen zieht, also umgekehrt wie bei der Erscheinung Nr. 2. b), wo der aus dem Holz hervordringende Keil die übrige Holzschicht eine Strecke weit mit sich nach aussen schiebt. Vor Allem unterscheiden sich die oben angeführten Fälle von jenem (Nr. 2. b) dadurch wesentlich, dass das Steinparenchym hier gleichsam eine Fortsetzung und Umbildung eines Markstrahls und von demselben nicht durch die Cambiallinie

getrennt ist, während dort das betreffende Gewebe in der Rinde mit einem Holzbündel correspondirt und demgemäss durch die Holzgrenze getrennt ist. — In Beziehung auf den betreffenden Theil des Cambiums, aus welchem das gummierzeugende Parenchym hervorgeht, haben wir bis jetzt folgende Fälle unterschieden: 1) vom Holzcambium eine innere Partie, so dass sich die äussere Partie als normales Holz ausbildet, 2) das Holzcambium seiner ganzen Dicke nach, 3) das ganze Rindencambium, 4) sowohl das Holz- als das Rindencambium. — Zwischen dem genannten Parenchym, insofern es dem Gebiete des Holzkörpers oder dem der Rinde angehört, ist bei aller sonstigen Uebereinstimmung noch folgender chemischer Unterschied bemerkenswerth. Das Parenchym, soweit es dem Holzkörper angehört, wird durch Salzsäure intensiv violett gefärbt, dagegen, soweit es der Rinde angehört, findet diese Reaction nicht oder nur an einzelnen Stellen in schwachem Grade statt, und zwar ist dieses verschiedene Verhalten durch eine ganz scharfe Grenze bezeichnet. Damit hängt wahrscheinlich auch der Umstand zusammen, dass das aus dem Holzparenchym entstehende Gummi stets mehr oder weniger braun gefärbt, das aus dem Rindensteinparenchym entstandene Gummi farblos ist.

c. Nahe am Fuss des Stammes beobachtete ich im inneren Theil der Bastschicht, aber stets in einiger Entfernung vom Cambium, zahlreiche einzelne kugelige steinige Körner von der Grösse eines Stecknadelknopfes oder kleiner eingelagert, und zwar sind dieselben, wie es scheint, als locale Auftreibungen und eigenthümliche Umwandlungen der Baststrahlen zu betrachten. Ausser einer dünnen peripherischen Schicht von parenchymatischem Bau (einer Art Rinde), welche mit dem Gewebe der Markstrahlen in Zusammenhange steht, besteht die Hauptmasse derselben aus tafelförmigen Zellen mit ziemlich weiter Höhle und derber poröser Wand, welche in radialen Reihen hinter einander und in peripherischen Reihen neben einander liegen, so dass der Kern der Flügel einen strahligen und zugleich concentrischen Bau hat; nach innen zu gehen diese tafelförmigen Zellen in die mehr kubische Form über und bilden dadurch ein ziemlich scharf begrenztes Mark. Die ersteren scheinen gleichbedeutend zu sein mit dem oben betrachteten Steinparenchym des Holzes und der Rinde. Durch Salzsäure werden die Wände derselben intensiv violett, weniger deutlich die des Marks, gar nicht die der rindenartigen Schicht. Hier und

da bilden sich in diesem Gewebe durch Auflösung der Zellen kleine Höhlen mit Gummi, welches durch Salzsäure noch intensiver gefärbt wird als die Zellen, woraus es entstanden ist. — Einzelne dieser Concretionen zeigen einen complicirten Bau. Es sind cylindrische Körper, etwa 1''' dick, nach oben mit einer Andeutung von Verzweigung in Form von stumpfen, fiederartig gestellten Höckern; die Längserstreckung habe ich nach unten nicht verfolgen können. Auf dem Querschnitt (VII. 1.) unterscheidet sich davon eine scharf abgegrenzte Rinde (r) aus derbwandigen dünntafelförmigen, aber nicht radial geordneten Zellen, durchsetzt von sehr breiten Markstrahlen (rm); der Kern (h) besteht ebenfalls zum grossen Theil aus breiten Markstrahlen, dazwischen ein Holzgewebe aus Holzzellen und Gefässen, in mehreren Jahresschichten. Diese Holzbündel haben einen stark-bogenförmigen Verlauf und bilden dadurch auf dem tangentialen Längsschnitt ein Netz mit fast kreissrunden, von den Markstrahlen durchbrochenen Maschen. Stellenweise ist dieses Holzgewebe durch ein Parenchym von derselben Beschaffenheit wie das jener kugeligen Körner ersetzt, durch dessen Auflösung ebenfalls hier und da Gummidrusen entstehen. Ebenso grenzt sich in der Mitte ein längliches Mark aus mehr cubischen Zellen ab. Auch hier zeigt das Holzparenchym durch Salzsäure eine stark-, Holzzellen, Markstrahlen und Mark eine schwächer-violette Färbung, die Rinde bleibt farblos. — Beide Formen dieser Concretionen sind hiernach ohne Zweifel als secundäre Stengelbildungen innerhalb der Rinde und zwar durch eine partielle Metamorphose der Baststrahlen entstanden anzusehen; der Unterschied beider liegt, abgesehen von der äusseren Gestalt und Grösse, darin, dass in den kleinen Körnern der Holzkörper nur durch Holzparenchym vertreten ist, bei den zuletzt beschriebenen dagegen alle Systeme des Stengels, namentlich auch die Markstrahlen, Holzzellen und Gefässe, das Holzparenchym aber nur in untergeordneter Weise ausgebildet sind. Im weiteren Sinne reihen sich dieser Bildung auch die oben betrachteten Anhäufungen von Steinparenchym in der Rinde an; jedoch sind diese von den vorliegenden Gebilden, abgesehen von der unregelmässigen äusseren Gestalt, theils durch den Mangel an Differenziirung in verschiedene anatomische Systeme, theils dadurch, dass jene Massen stets unmittelbar an den Holzkörper angrenzen, unterschieden. Auch spricht sich bei den zuletzt betrachteten Concretionen durch das

Verhalten zur Salzsäure eine grössere Verwandtschaft mit dem Holzkörper aus, während das Steinparenchym der Rinde, wie gesagt, die violette Färbung so gut als nicht zeigt.*)

4. Ungleich häufiger als das Auftreten solcher abnormer Structurverhältnisse, welche das Material zur Erzeugung von Gummi liefern, sind es dagegen die Elemente des **normalen Rindenbaues**, durch deren Umwandlung das Kirschgummi in der Rinde zu entstehen pflegt; und unter diesen ist es vor Allem das oben als der überwiegende Bestandtheil der Baststrahlen beschriebene **Hornprosenchym**, welches sich durch eine Neigung, sich in eine homogene Gummimasse zu verflüssigen, auszeichnet. Die Gummidrusen innerhalb der lebendigen Rinde haben ihren Sitz niemals zwischen je zwei Baststrahlen, sondern sind in der Regel entstanden ausschliesslich durch Erweiterung und Umwandlung eines einzelnen Baststrahls, woher es auch kommt, dass dieselben stets die Richtung der Rindenstrahlen besitzen, welche, wie gesagt, in der Regel von dem mathematischen Radius des Stammes mehr oder weniger abweicht. Wo dieselben eine grössere Breite zeigen, da sind es mehrere benachbarte Baststrahlen, welche die Umwandlung erlitten haben, alsdann wird aber die Gummimasse meist von mehr oder weniger unveränderten Markstrahlen durchsetzt, indem die letzteren der Gummification länger widerstehen als die Baststrahlen. Die Entstehung des Gummis durch allmäliche Deorganisation des Hornbastes lässt sich nun an man-

*) Wir finden also bei Prunus Avium eine analoge Erscheinung wie das Auftreten secundärer Holzkörper in der Rinde von Chiococca racemosa (Rad. Caincae), Convolvulus Turpethum etc. (cf. Flora 1856, p. 678.), jedoch mit dem Unterschiede, dass beim Kirschbaum nicht bloss, wie bei letzteren, secundäre Holzkörper, sondern zugleich eine rindenartige Schicht um jeden derselben ausgebildet ist. Ferner erinnert diese Bildung an das Vorkommen ähnlicher cylindrischer Stränge, welche ich bei starken Rinden von Canella alba inmitten der Bastschicht zum Theil in einer Längenerstreckung von ¾' beobachtet habe. Die letzteren bestehen indess nicht sowohl aus Holzgewebe, sondern aus den drei verschiedenen normalen Schichten der Rinde dieser Pflanze, welche in derselben Reihenfolge, wie sie in der Rinde als Schichten von aussen nach innen folgen, so hier sich concentrisch einschliessen, nämlich zu äusserst eine Schicht von Steinzellen, dann eine Schicht gewöhnlichen Rindenparenchyms und im Innern ein Strang von Bastgewebe (nämlich Hornbast). So hat also die Rinde die Fähigkeit, gleichsam durch Potenzirung einer Partie von Bastgewebe das eine Mal die ganze Rinde mit allen ihren Schichten, das andere Mal den ganzen Stengelbau, insbesondere den Holzkörper, im Kleinen zu wiederholen.

chen Stellen sehr bestimmt und direct verfolgen. Z. B. Bei der Taf. V. 17. dargestellten Partie aus der Rinde, in welcher durch eine nach innen bogenförmig vorspringende Peridermaschicht das äussere Gewebe von dem inneren lebendigen Bast als todte Borke abgeschnitten wird, sind in der letzteren die Markstrahlen zum Theil unverändert, das Gewebe der breiten Baststrahlen ist stellenweise, besonders nach links (Fig. 18., wo durch die Schattirung die Veränderung angedeutet ist), das schon an sich scheinbar fast structurlose Hornprosenchym durch Aufquellen der Zellenwände zu einer noch mehr homogenen Masse verschmolzen.*) Zugleicher Zeit findet an diesen Stellen eine chemische Veränderung des fast reinen Zellstoffes Statt, die Fähigkeit, durch Jod oder Jod und Schwefelsäure blau gefärbt zu werden, verschwindet, aber die Substanz ist zunächst noch unlöslich, in Wasser nur aufquellend, und in diesem Stadium zeigt sich auch bei genauer Betrachtung noch eine Andeutung der ursprünglichen Structur, weiterhin aber (bei g. Fig. 17. 18.) wird das Gummi vollkommen homogen mit glasigem Bruch, und gleichzeitig damit nimmt die Auflöslichkeit in Wasser zu, auch findet eine Volumenvergrösserung Statt, in Folge deren die Masse sich weiter ergiesst und zuweilen tropfenförmig nach aussen dringt; in diesem Stadium ist das Gummi als Arabin zu betrachten. So erklärt sich die Natur des Kirschgummis als eines Gemenges von Bassorin (Cerasin) und Arabin aus einer theils unvollständigen, theils vollständigen Deorganisation von Zellenwänden. Den geschilderten Uebergang habe ich zwar nur beim Hornprosenchym direct beobachtet, indess nehmen daran ohne Zweifel auch die anderen Elemente der Baststrahlen, die Bastzellen und das Bastparenchym Theil, indem sich diese Zellen in dem fertigen Gummi niemals eingelagert finden. — Von allen den verschiedenen Formen der Gummierzeugung im Kirschbaum ist die Umwandlung der Baststrahlen in Gummi bei weitem die vorherrschende, denn auch, wo jene auf dem steinigen Parenchym beruht, da ist dabei stets auch das Gewebe der Baststrahlen betheiligt, so dass in einer und derselben Druse das Gummi zweierlei Ursprung haben kann.**)

*) In ähnlicher Weise stellt sich die Verwandlung der Baststrahlen in Gummi in Taf. VI, Fig. 5, g und Fig. 9, g' dar.

**) Trécul (L'institut 24. Octobre 1860) führt ein eigenthümliches dichtes Gewebe in der Rinde an, dessen Beschreibung einigermaassen mit unserem

5. In allen von mir untersuchten, auf die oben beschriebene Weise in der Rinde entstandenen Gummidrusen entspringen auf den angrenzenden Markstrahlen länglich-runde Zellen, welche, meist fadenförmig an einander gereiht, als perlschnurartige Fäden oder durch reichliche Verzweigung der letzteren als Büschel von dendritischer Form in die Gummimasse hineinragen oder losgelöst in Bruchstücken in der letzteren eingebettet liegen. Diese Zellen sind von denen des Steinparenchyms nicht erheblich verschieden, erweisen sich aber doch theils durch den unmittelbaren Ursprung, theils dem Inhalt nach (sie enthalten ausser dem Amylum auch Oel) mehr den Zellen der Markstrahlen als verwandt. Auch dieses Gewebe nimmt an der Gummibildung Theil, indem sich die äusseren, den ganzen Zellenfaden gemeinsam bekleidenden Zellstoffschichten ablösen und aufquellend allmälich in den Gummizustand übergehen, so dass das eben entstandene Gummi in der nächsten Umgebung eines Zellenfadens noch ein deutliches Schichtengefüge erkennen lässt (VI. 6.). Bemerkenswerth ist, dass hier zugleich nicht nur das in den Zellen enthaltene Amylum, sondern auch das Oel an der Gummibildung Antheil nehmen, indem beide Stoffe in der homogenen fertigen Gummimasse nicht mehr zu unterscheiden sind.

6. Die bisher angeführten Fälle von Gummibildung in der Kirschbaumrinde erfolgen bereits in dem lebenden Zustand der letzteren. Häufiger jedoch erscheinen die Gummidrusen, wenn gewisse Particen der Rinde durch ein Periderma aus dem lebendigen Verband abgeschnitten sind (wie in dem oben beschriebenen Fall Taf. V. 17. 18.), sei es, dass sie ringsum oder nur nach innen durch Periderma begrenzt werden. Mit dem Auftreten des letzteren ist jederzeit eine Verwandlung des nach aussen gelegenen, resp. ringsum von der übrigen Rinde abgeschlossenen Gewebes in Borke, d. h. ein Austrocknen und die Verwandlung des Gerbstoffes in braunes Apothem, verbunden, und hiermit scheint die Neigung der Zellen zur Gummification zuzunehmen. Vielleicht beginnt das

Hornbast übereinstimmt, und von welchem er sagt, dass es dasselbe sei, welches die Anatomen mit Unrecht für mit Gummi erfüllte Intercellulargänge hielten. Nach der obigen Darstellung würde alsdann Tr. darin Recht haben, dass er es als ein Zellgewebe erkannt hat, die Anatomen dagegen würden Tr. gegenüber Recht haben, indem sie das Gewebe in directe Beziehung zum Gummi bringen, Unrecht aber in der Verkennung des Ursprungs des Gummis aus einem ursprünglichen Gewebe.

Absterben und die Gummibildung schon vor dem Auftreten des Peridermas, alsdann wird aber durch letzteres jener Umwandlung eine Grenze gesetzt; deshalb sind die Gummimassen meist scharf begrenzt (VI 1. 8. 10 g). Unter diesen Umständen, d. h. im Borkenzustand, sind aber nicht bloss die oben angeführten, sondern auch alle übrigen Gewebe fähig, sich in Gummi aufzulösen. Diesen Uebergang beobachtete ich direct am Parenchym und am Leder-Periderma durch eine an der einzelnen Zelle von aussen nach innen fortschreitende Auflockerung der Membran. Weil die Gummibildung in der Borke nicht an eine bestimmte Gewebsart gebunden ist, so folgt, dass die Drusen ihrer Richtung und Gestalt nach hier nicht, wie in der lebendigen Rinde, von dem Strahlenbau bestimmt werden. Wo eine Gummimasse nicht unmittelbar von Periderma, sondern von Borkenparenchym, und zwar alsdann in sehr unregelmässigem Umrisse begrenzt wird (VI. 1. 11′ g), da beruht letzteres nicht, wie es allenfalls scheinen könnte, auf einer gewaltsamen Zerreissung des Gewebes, wodurch Lücken entstanden wären, in die sich Gummi ergossen hätte, sondern vielmehr darauf, dass die Umwandlung des Gewebes in Gummi das Parenchym unregelmässig fortschreitend ergreift; diess ist namentlich in solchen Fällen unzweifelhaft, wo innerhalb einer Gummimasse einzelne Gewebspartieen eingeschlossen sind, welche nicht als abgerissene und eingehüllte Bruchstücke zu betrachten sind, sondern durch die Richtung ihrer Schichten sowie durch den allmälichen Uebergang in das Gummi erweisen, dass sie noch an ihrer ursprünglichen Stelle liegen. Eingeschlossene Gummimassen (VI. 8. 10′ g.) nehmen im Allgemeinen denselben Raum ein wie das ihnen zu Grunde liegende Gewebe und müssen deshalb da entstanden sein, wo sie sich befinden. Diess gilt selbst von denjenigen Gummimassen, welche auf der Oberfläche der Rinde frei hervorragen (V. 1. 11.), und welche man gewöhnlich als aus dem Innern der Rinde herausgequollen betrachtet. Diese Annahme würde gerechtfertigt sein, wenn bei der Umwandlung des Zellgewebes in Gummi eine so grosse Volumenvergrösserung stattfände, dass das letztere im Innern nicht Raum genug hätte; eine solche Aufquellung zeigt sich jedoch, wie man an der eingeschlossenen Gummimasse sieht, nicht, wenigstens nicht immer in dem Grade, dass dadurch eine Zerreissung des benachbarten Parenchyms veranlasst würde. In der Regel sind jene Gummimassen auf der Oberfläche des Stammes an denselben Stellen entstanden,

wo sie sich befinden, d. h. sie sind ursprünglich eingeschlossen, von Parenchym oder Periderma bedeckt, werden aber nicht durch Ortsveränderung, sondern durch Zerstörung der genannten Gewebe frei gemacht, was damit zusammenhängt, dass das Gummi, wie es scheint, in höherem Grade der Verwitterung an der Luft widersteht als die organisirten Gewebe.*) Wenn man eine oberflächliche Gummimasse und die unterliegende Rinde in allen Höhen und der Länge nach durchschneidet, so findet man sehr selten eine Communication mit einer Gummidruse im Innern der Rinde; wo eine solche erscheint, da ist der Herd der Entstehung jener Masse nicht in dieser Druse zu suchen, weil die letztere kaum ein grösseres Volumen an Gummi liefern kann, als sie selbst enthält. In der Regel sind aber die Gummimassen der Aussenfläche durch das Periderma unmittelbar nach innen abgegrenzt (VI. 1′ g′; 8′ g; 10, g.), können also bei der vollkommenen Undurchdringlichkeit des Peridermas selbst für Flüssigkeiten nur ausserhalb desselben entstanden sein. Wenn eine solche Masse in der Folge ihre ursprüngliche Form verliert und in halbflüssigem Zustand an der Oberfläche sich ausbreitet, herabfliesst und dann wieder erhärtet, so geschieht diess erst durch die Einwirkung der Feuchtigkeit von aussen; ursprünglich ist jedes Gummi nicht flüssig, sondern fest.

In ähnlicher Weise wie durch die Borkenbildung wird in der Rinde eine erhöhte Disposition zur Entstehung von Gummi durch eine andere Ursache bedingt. Der Kirschbaum scheint nämlich eine grosse Neigung zu einem nicht durch äussere Ursachen veranlassten partiellen Absterben der Rinde zu besitzen. Es zeigt sich diess nicht bloss an der Rinde selbst sondern auch im Bau des Holzkörpers, dessen Schichten häufig unterbrochen sind und mit ihren wulstigen Rändern die blossgelegten Schichten zu überwallen streben. Z. B. an einem 2—3″ dicken Ast (VII. 2.) zeigte sich Folgendes. Obgleich die Schicht von 1857 die durch Absterben der Rinde incl. des Cambiums entblösste Holzfläche wieder fast vollständig bedeckt hatte, erfolgte doch schon im folgenden Jahre von Neuem ein Absterben der Rinde nach dieser Seite hin in noch grösserer Ausdehnung, so dass das Cambium etwa im halben Umfang getödtet war. Im Jahre 1859 fand eine theil-

*) Ob auch ein von Periderma nicht mehr bedeckter abgestorbener Theil der Rinde unter dem Einfluss der Atmosphäre sich in Gummi verwandeln kann, vermag ich nicht zu entscheiden.

weise Ueberwallung Statt, welcher dann aber wieder nach einer Seite hin ein Absterben der Rinde folgte. Hierbei ist es auffallend, dass gerade und nur nach dieser kranken Seite mit dem mehrere Jahre hindurch gestörten Dickenwachsthum eine reichliche Gummibildung theils auf der Aussenfläche, theils in Rinde und Holz erscheint. Es hat diess seinen Grund offenbar in dem abgestorbenen Zustand der Rinde, und was dabei von besonderer Bedeutung zu sein scheint: die abgestorbene Rinde wird nicht wie bei den Rindenkrankheiten anderer Baumarten abgestossen und dadurch die Holzoberfläche dem Einfluss der Atmosphäre preisgegeben, sondern die für die Amygdaleen und besonders die Kirsche charakteristische lederartige Beschaffenheit und der concentrische Verlauf der Peridermaschichten bewirkt, dass die abgestorbene Rinde verharrt. Die Folge hiervon ist, dass die ihres Cambiums beraubte Oberfläche des Holzkörpers, nachdem sie überwallt ist, weniger als sonst die Spuren der Verwitterung zeigt, — dass aber andererseits die mehrere Jahre hindurch fest eingeschlossen bleibende todte Rinde eine Zersetzung erleidet, welche sich in der Neigung zur Umwandlung in Gummi äussert. Deshalb finden sich in den Winkeln zwischen je zwei Ueberwallungsrändern und der bedeckenden Rinde meist Gummimassen angehäuft, welche eben durch Deorganisation eines Theils der abgestorbenen Rinde entstanden sind.

Es kommen demnach hier wie bei der normalen Borkenbildung verschiedene Factoren zusammen, wodurch in der Kirschbaumrinde die Umwandlung der Gewebe in Gummi mehr als bei anderen Gewächsen befördert wird, einerseits das Vorhandensein gewisser normaler und abnormaler Gewebe, welche zur Umsetzung in Gummi ganz besonders geneigt sind, wie der Hornbast und das steinige Parenchym, andererseits das Absterben der Rinde durch Borkenbildung oder Krankheit und endlich die bandförmige und zähe Beschaffenheit des Peridermas, wodurch die abgestorbenen Theile der Rinde verhältnismässig länger eingeschlossen und, worauf der saure Geruch einer an Gummibildung sehr reichen Rinde hindeutet, vielleicht einer Art Gährung ausgesetzt werden. Das Beschränktsein der Gummibildung auf bestimmte Pflanzenarten würde sich hiernach schon aus gewissen anatomischen Eigenthümlichkeiten erklären (z. B. Bäume mit schuppig sich ablösender oder rissiger Borke werden ceteris paribus weniger zu Gummibildung geneigt sein als der Kirschbaum u. dgl.), ohne dass man nöthig hat, für die Gummibildung jener Gewächse einen eigenthümlichen

chemischen Process im lebendigen Zelleninhalt vorauszusetzen. Auch wird es nach dieser Auffassung der Gummibildung als eines nicht sowohl chemisch-physiologischen als vielmehr gleichsam unorganischen Vorganges weniger auffallend erscheinen, wenn unter Umständen an einer Baumart, welche in der Regel niemals Gummi erzeugt, ausnahmsweise einmal solches auftritt, wie ich z. B. einmal an der Hainbuche eine dem Kirschgummi ähnliche Masse bemerkte.

7. Endlich ist noch zu erwähnen, dass auch das Cambialgewebe unter Umständen im Stande ist, Gummi zu erzeugen. An Stammabschnitten eines im März gefällten Kirschbaums, nachdem sie wochenlang in der warmen Stube gelegen hatten, quollen auf der Schnittfläche aus dem Cambiumring in dessen ganzem Umfange dicht neben einander Tropfen von farblosem Gummi hervor. Bei der Untersuchung ergab sich, dass in der cambialen Partie der Baststrahlen je eine Gruppe von Zellen verflüssigt worden ist und dadurch je eine mit Gummi erfüllte Höhle erzeugt hat. Da ich an denselben Stammabschnitten kurz nach dem Fällen nirgends eine derartige Veränderung im Cambium wahrgenommen habe, so muss ich annehmen, dass hier ein Absterben des Cambiums in Folge der Blosslegung die Veranlassung zu der Auflösung der Zellenwände gewesen ist.

Ueberblicken wir jetzt noch einmal die im Vorstehenden näher beschriebenen Formen, unter denen das Gummi im Stamme des Kirschbaums auftritt, so ergiebt sich eine grosse Mannigfaltigkeit, welche sich durch fernere Untersuchung namentlich auch anderer Species und Gattungen vermuthlich noch grösser herausstellen wird. Die von mir beobachteten Fälle sind folgende:

1) Das Gummi erscheint als zerstreute Punkte im Holz ohne alle Ordnung vertheilt, nämlich durch Umwandlung der Gefässwände, wodurch die Höhlung derselben ganz oder theilweise ausgefüllt wird.

2) In etwas grösseren rundlichen Drusen, welche an manchen Stellen des Holzes, besonders da, wo das Wachsthum gehemmt oder gestört ist, innerhalb einer Jahresschicht concentrisch reihenartig, von den Markstrahlen von einander getrennt, in der Richtung der Höhe in verticalen Reihen angeordnet sind und auf einer Umwandlung von normalem Holzparenchym beruhen (V. 5. 6. 7.). Nur selten hat das letztere eine grössere Massenausdehnung als der von ihm verdrängte Theil des Holzgewebes (VI. 5. p').

3) Grössere Gummimassen, ebenfalls durch Umwandlung von anomalem Holzparenchym entstanden, von unregelmässiger Gestalt und ohne bestimmte Anordnung, vielmehr nur hier und da einzeln, treten im Holz auf, indem sie in peripherischer Richtung mehr als ein Holzbündel und die dazwischen liegenden Markstrahlen verdrängen, also einen grösseren Theil des Umfangs der Jahresschicht einnehmen und zwar:

a) die letztere ihrer ganzen Dicke nach,
b) mit Verschonung einer äusseren Lage derselben absorbiren (VI. 1, g''; 13, g').

Hierbei findet in der Regel eine Auftreibung Statt, welche aber ihren Grund in der Anlage des Holzparenchyms hat und bei der Verwandlung in Gummi nicht vergrössert wird.

4) Ein Ring von kleinen Gummihöhlen entsteht unter Umständen im Cambium, und zwar in der cambialen Region der Baststrahlen.

5) Grössere Gummidrusen innerhalb des lebendigen Theils der Rinde, in ihrer Richtung durch den Lauf der Baststrahlen bestimmt.

a) Die Druse entsteht durch Umwandlung eines oder mehrerer Baststrahlen direct in Gummi (VI. g. 13); der strahlige Bau der Rinde wird hierbei nicht modificirt.
b) Die Druse, zwar dem Laufe der Baststrahlen folgend, zeigt aber doch eine Anschwellung, wodurch die benachbarten Strahlen seitwärts ausgebogen werden. Auch hier beruht das grössere Volumen nicht auf der Entstehung des Gummis sondern auf einer anatomischen Anlage, indem hier das Gummi nicht unmittelbar aus dem Bastgewebe sondern aus einer reichlichen Masse von anomalem Steinparenchym hervorgeht; und zwar erscheint das letztere gleichsam als Umwandlung
   α) eines Baststrahls (VI. 5, p.), oder
   β) eines Markstrahls (VI. 9, pp').

Beide Verhältnisse a) und b) können gleichzeitig vorkommen und gemeinschaftlich die Bildung des Gummis einer und derselben Druse bedingen (VI. 9.).

6) Grössere Gummidrusen in der Borke. Die Gummibildung ist hier nicht an bestimmte Gewebe gebunden, wenngleich auch hier der Hornbast vorzugsweise zur Umwandlung geneigt ist; da-

her wird die Gestalt und Richtung dieser Drusen nicht von dem Strahlenbau der Rinde bestimmt.

a) Entweder bildet das Periderma innerhalb der lebendigen Rinde rings umschlossene Borkenmassen, welche in Gummi umgewandelt, als scharf begrenzte Gummidrusen erscheinen (VI. 8, g.; 10, g.; 1, g'.);

b) oder das Gummi entsteht frei innerhalb der Borke durch allmälich weiter um sich greifende Umwandlung des Borkengewebes, weshalb die Gummimassen von Anfang an nicht unmittelbar durch Periderma begrenzt werden (V. 17. 18; VI. 1. 11. 12. g.).

Anfangs eingeschlossen, von Borke oder wenigstens von Periderma bedeckt, treten diese Gummimassen in der Folge durch Zerstörung der bedeckenden Theile an die Oberfläche.

7) Wo die Rinde ihrer ganzen Dicke nach nicht als Borke sondern durch Krankheit, namentlich durch Zerstörung des Cambiums abstirbt, tritt das Gummi besonders reichlich und zwar ohne bestimmte Beziehung zu dem Periderma und zu den übrigen Structurverhältnissen auf (VII. 2.).

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass die Erzeugung des Gummis bei Prunus Avium an den verschiedenartigsten Stellen des Stammes und unter verschiedenen Umständen stattfindet, dass dieselbe aber in allen beobachteten Fällen auf einer Verflüssigung von Zellenwänden (resp. Stärkekörnern) beruht. Und zwar sind es theils solche Zellen, welche der normalen Structur angehören, nämlich die Gefässe, das Rindencambium, das Gewebe der Baststrahlen, Parenchym und Lederperiderma, — theils gewisse Gewebe, welche als abnorme Erscheinung hier und da an der Stelle einiger der normalen Gewebe auftreten, nämlich das steinige Parenchym, welches sowohl im Holzkörper, und zwar entweder an der Stelle des Holzgewebes (Holzzellen und Gefässe, V. 7.), oder als Umbildung von Markstrahlen (VI. 1. 2.), als auch in der Rinde auftritt, und zwar auch hier entweder als Umwandlung eines Baststrahles (VI. 5.) oder eines Markstrahles (VI. 9.) erscheint. Ferner bemerken wir, dass die Disposition jener Gewebe zur Gummibildung im Zustande des Absterbens entschieden grösser ist als bei den lebenden Geweben, und dass unter den letzteren vorzugsweise oder ausschliesslich solche sich in Gummi verwandeln, in welchen bei der bedeutenden Verdickung ihrer Zellenwände wahrscheinlich an sich keine besonders lebendige Zellenthätigkeit mehr vorhanden ist, wo-

gegen diejenigen Gewebe, welche den eigentlichen Herd des Stoffwechsels darstellen, die Markstrahlen und das Rindenparenchym im lebenden Zustand, mit ihren dünnwandigen Zellen nicht leicht von der Gummibildung ergriffen werden. — Nirgends aber begegnen wir einer Erscheinung, welche Veranlassung geben könnte zur Annahme, dass das Gummi aus dem Inhalt gewisser Zellen ausgeschieden würde, und eben so wenig, dass es in eigenen Kanälen oder in den gewöhnlichen Intercellulargängen sich anhäufte; vielmehr beruht diese bisher herrschende Ansicht lediglich auf dem Mangel an Beobachtung. Die Einzigen, welche, so viel mir bekannt ist, Beobachtungen über die Entstehung des Kirschgummis angestellt haben, sind Karsten, welcher die Umwandlung der Zellenwand (und des Stärkmehls) in Gummi im Holz des Kirschbaums behauptet,*) ohne jedoch über die Art der Zellen und über die näheren Umstände des Processes seine Beobachtungen mitzutheilen, und Trécul**). Letzterer bestreitet zwar ebenfalls die gewöhnliche Vorstellung von Gummikanälen in der Rinde, im Uebrigen weichen dessen Ansichten jedoch wesentlich von meinen Ergebnissen ab, vor Allem durch die Behauptung, dass der Sitz der Gummibildung niemals in der Rinde, sondern stets im Holz sei, und dass die sich zwischen den Markstrahlen der Innenrinde findenden Gummimassen nicht daselbst entstanden, sondern aus dem Holzkörper durchgebrochen und in der Rinde angehäuft seien. Im Holze soll nach Trécul die Gummibildung auf zweierlei Weise stattfinden, einerseits dadurch, dass in dem inneren Theil des Cambiums oder auch in dem ausgebildeten Splint durch Verflüssigung und Resorption von Zellengruppen ringförmig angeordnete Lücken entstehen; die Erzeugung von Gummi soll aber nicht mit dieser Verflüssigung von Zellen zusammenhängen, sondern erst nachher, gewöhnlich ziemlich lange nach der Entstehung der Lücken in der Weise stattfinden, dass zunächst in der Umgebung der Lücken das Gummi in Gestalt von farblosen, oft warzigen gelatinösen Bildungen auftrete, welche dann nach und nach die Lücke ausfüllen.***) Andrerseits sollen sich solche Gummilücken auch im äl-

---

*) Bot. Zeitung 1857, p. 319.

**) Sur la maladie de la gomme chez le Cerisier, le Prunier, l'Amandier et l'Abricotier (L'institut. 24. Oct. 1860; Comptes rendus 1860, p. 621.)

***) Ohne Zweifel sind diess dieselben Lücken, welche ich oben (2. a) beschrieben habe, aber Trécul irrt darin, dass er die Entstehung derselben ge-

teren Holz dadurch bilden, dass das Gummi in der Umgebung gewisser Holzzellen, wie es scheine, durch Ausscheidung aus denselben, resp. durch Umwandlung ihrer Wände und des Inhaltes entstehe.*)

Der Gummifluss als pathologische Erscheinung. Die gewöhnliche Ansicht, dass der Gummifluss auf einer abnormen Ausscheidung eines Theiles des Nahrungssaftes beruhe, und dass, indem dem Baum auf diese Weise wesentliche Stoffe entzogen werden, dadurch das Leben desselben beeinträchtigt werde, ist nach dem Obigen unzweifelhaft unrichtig; denn was bei der Gummibildung dem Baum entzogen wird, sind nicht Säfte, sondern feste Zellenwände. Auch die Auffassung, wonach der Gummifluss in einer abnormen Steigerung einer normalen Gummibildung beruhen soll, hat durchaus keinen Sinn, weil bei fast allen dem Gummifluss ausgesetzten Pflanzenarten eine Erzeugung von Gummi, welche gesteigert werden könnte, im normalen Zustand gar nicht existirt. Denn das Gummi des normalen Pflanzenlebens ist das Dextrin, welches vom Arabin wesentlich verschieden ist und ohnehin nur als Zelleninhalt vorkommt, während das im Gummifluss auftretende Gummi seinen Ursprung in der Zellenwand hat. Da nun, wie wir gesehen haben, die Gummibildung, d. h. die Auflösung der Zellenwände, in den meisten Fällen bedingt oder doch wesentlich befördert wird durch solche Ursachen, welche dem Leben besonders der Rinde im Ganzen oder stellenweise ein Ziel setzen, wie eine übermässige Ausdehnung der Borkenbildung durch Auftreten von secundärem Periderma mit tief nach innen reichenden Einbiegungen (z. B. VI. 1. 12.), Altersschwäche**), partielles Absterben der Rinde etc., so dürfen wir die Gummibildung nicht sowohl als die Krankheit selbst, sondern nur als eines der Sym-

---

rade in Folge der Gummibildung verkennt. Ohnehin sagt er nicht, woher die gelatinösen Bildungen im Umfang der Lücke rühren, und giebt also im Grunde für die Entstehung des Gummis gar keine Erklärung.

*) Dieser Vorgang erinnert an die von mir beobachtete Umwandlung der Gefässe in Gummi. Eine ähnliche Umwandlung der Holzzellen habe ich nirgends bemerkt, will dieselbe jedoch nicht geradezu bestreiten. Die ganze Darstellung der obigen Erscheinungen bei Trécul ist übrigens keineswegs klar.

**) Hierher gehört auch wohl der von Meyen (Pflanzenpathologie p. 235.) erwähnte Fall eines alten Stockes von Encephalartos Friderici Guillielmi, welcher durchaus keine Wurzeln treiben wollte und daher wohl, wenigstens nach unten hin, als abgestorben anzusehen ist, und in dessen unterem Ende sich mehrere grosse Höhlen, mehrere Cubikzoll gross, mit Gummi erfüllt fanden.

ptome einer Krankheit auffassen. Dahin sprechen sich auch Meyen*) und Trécul**) aus, allein sie fehlen beide darin, dass sie die Krankheit selbst in einer übermässigen Anhäufung von Nahrungssaft, namentlich in einer Stauchung des herabsteigenden Saftes, suchen, wovon dann die weitere Ursache bald in einer zu üppigen Ernährung durch zu fetten Boden, bald in zu grosser Feuchtigkeit, bald in Verletzungen der Rinde oder in Krankheiten der Wurzeln liegen soll. Von einer Vollsaftigkeit oder Stauchung des Saftes ist jedoch gerade in denjenigen Geweben, in denen das Gummi entsteht, am wenigsten etwas zu bemerken, im Gegentheil sind es die saftärmsten, und namentlich sind die näheren Ursachen der Gummibildung, wie jene partielle Absterbung und Vertrocknung der Gewebe, von der Art, dass sie am allerwenigsten aus einer Ueberfüllung mit Nahrungssaft abgeleitet werden könnten. Ueberhaupt kommt bei der Erzeugung des Gummis der Nahrungssaft durchaus nicht in Betracht, sondern ausschliesslich die organisirten Theile der Zelle: Membran und Amylum; der erste Anstoss zur Auflösung der Zellenwand d. h. zur Gummibildung setzt bereits das Krank- oder Todtsein derselben voraus. — Wenn es aber auch feststeht, dass der Gummifluss mehr die Folge als die Ursache eines Krankheitszustandes ist, so lässt sich doch denken, dass derselbe andererseits selbst nachtheilig auf das Leben des Baumes einwirkt, etwa dadurch, dass gewisse Partieen von Zellgewebe durch die Deorganisation dem Organismus vollständig entzogen, oder andere durch Ergiessung des Gummis zerrissen werden, oder dadurch dass mit der Gummibildung eine chemische Zersetzung verbunden ist, welche um sich greifen und auch für die vorher gesunden Theile der Rinde verderblich werden könnte. Da jedoch unter jener Deorganisation in der lebendigen Rinde gerade die den eigentlichen Sitz des Lebens darstellenden Parenchymzellen am wenigsten oder gar nicht leiden, eine Zerreissung aber wohl nur in der bereits abgestorbenen Borke vorkommt, und endlich dem Weitergreifen der bei der Gummibildung etwa stattfindenden Gährung etc. durch das in der Regel sie begleitende Auftreten von Periderma eine Grenze gesetzt wird, so scheint es sehr zweifelhaft, ob der Gummifluss überhaupt auf das Leben des Baumes irgend einen erheblich nachtheiligen Einfluss übt, und es dürften alle

*) Pflanzenpathologie p. 229.

**) a. a. O.

Erfahrungen, welche einen solchen zu bestätigen scheinen, nur auf einer Verwechselung von Ursache und Wirkung beruhen. —

Bei gewissen Amygdaleen wird ein ähnliches Gummi wie im Stamme auch in der Frucht erzeugt und zeigt sich bald auf der Oberfläche, bald zwischen der steinigen und fleischigen Schicht. Das an der Oberfläche von Zwetschen auftretende Gummi hat bereits Kützing (Philos. Bot. I. p. 206.) untersucht und auf Grund dieser Untersuchung die Entstehung der Gummisubstanzen überhaupt aus Zellstoff („Gelin") ausgesprochen. Obgleich dieses Ergebniss mit dem meinigen übereinstimmt, so muss ich doch die Richtigkeit der Nachweisung selbst bestreiten.*) Ich selbst habe die im Innern von Pflaumen und Zwetschen zwischen Stein und Fruchtfleisch häufig vorkommenden Gummimassen**) untersucht. Dieses Gummi ist sowohl mit dem Gewebe des Mesocarpiums als mit dem des Endocarpiums in Continuität. Dasselbe erscheint niemals ganz homogen, sondern zeigt eine mehr oder weniger deutliche Structur entweder in Form von feinen Strichelchen oder an anderen Stellen (besonders deutlich nach dem Kochen mit Wasser) als ein Aggregat von kleinen rundlichen oder ovalen Bläschen (VII. 4. 5.), an denen sich aber Wand und Inhalt nicht unterscheiden, sondern nur die zarten Umrisse erkennen lassen; zuweilen zeigen sich dazwischen grössere und schärfer begrenzte Blasen oder noch grössere längliche Schläuche, welche mit den erst genannten kleinen Bläschen erfüllt sind. Diese Schläuche gleichen vollkommen den länglichen Zellen des die Gummimasse begrenzenden Fruchtfleisches, innerhalb deren gleichfalls solche kleinen Bläschen eingeschlossen sind. An manchen Stellen bemerkt man einen deutlichen Uebergang des normalen Fruchtfleisches in die fast ganz homogene

---

*) Die von Kützing in Taf III. Fig. 1., d dargestellte Structur des Gummis stimmt fast mit meinen Beobachtungen überein; dagegen scheint mir die Beziehung dieser Structur zu dem Zellgewebe des Fruchtfleisches nicht richtig aufgefasst zu sein. Die Auflockerung der Zellenwände bei a und die weitere Auflösung derselben in die Form b zugegeben, so möchten die bei b gezeichneten Linien nicht sowohl als Fasern, sondern eher als Häute zu betrachten sein; jedenfalls ist die Auflösung dieser Fasern in punktförmige Molecule (c) kaum und noch weniger die Entwickelung dieser Molecule zu den Zellen (d) zu glauben.

**) Sie unterscheiden sich durch ihre gallertartige und zugleich zerbrechliche, keineswegs zähe oder klebrige Beschaffenheit, sowie dadurch, dass sie sich auch beim Kochen in Wasser nicht auflösen, von dem gewöhnlichen Pflaumen-Gummi.

Gummisubstanz, indem einzelne Fleischzellen an ihrer einen Hälfte noch durch ihre Wand scharf begrenzt sind, mit ihrer anderen Hälfte sich in die Gummimasse verlieren. Ich halte hiernach folgende Deutung für gerechtfertigt. Das Gummi entsteht auch hier durch eine Deorganisation von Zellenwänden, verdankt jedoch hier nicht, wie das in der Stammrinde erzeugte Kirschgummi, seine Massenbildung der secundären Verdickung der Zellenwände, welche hier bekanntlich äusserst zart sind, sondern vorzugsweise der Menge der im Inhalt der Fleischzellen auftretenden kleinen Bläschen, welche durch Aufquellen ihrer Membran und nach der Auflösung der Mutterzellen zu der Gummimasse von der oben angegebenen Structur zusammenfliessen. Jedenfalls ist von einer Absonderung des Gummi aus gewissen Zellen auch hier nicht die Rede. —

Wir gehen über zu den durch fast vollständige Löslichkeit in Wasser sich von den bisher betrachteten unterscheidenden, d. h. nur oder fast nur aus Arabin bestehenden Gummiarten, welche besonders als tropfenförmige Ausscheidungen aus dem Stamm verschiedener Acacia-Arten vorkommen, z. B. das Gummi arabicum, G. Senegal etc. Sie sind vollkommen homogen, so dass uns auch für sie die Structur über die Entstehungsweise gänzlich im Ungewissen lässt. Aus dem Nachstehenden wird sich jedoch ergeben, dass auch dieses Gummi im engeren Sinne denselben Ursprung hat wie das Bassorin.

Zur directen Nachweisung dieses Ursprungs eignen sich solche Stücke von Senegalgummi, welche im Zusammenhange mit Theilen der Rinde mitunter in der Naturell-Sorte dieses Gummis vorkommen. Diese Rindenstücke, der Bastschicht angehörend, lassen folgenden Bau erkennen. Der Bast erscheint auf dem Querschnitt (VII. 7) *) als eine Anzahl von peripherischen Schichten (l, l), welche durch die schmalen Markstrahlen in kleine, in der Richtung der Peripherie gestreckte, mit den betreffenden Theilen der übrigen Schichten zugleich in radialen Reihen hinter einander liegende Bündel zerfallen. Mit diesen peripherischen Bastschichten wechseln bald dickere bald dünnere Lagen (h, h) eines theils braunen theils farblosen, fast ganz homogen erscheinenden Hornprosenchyms. An manchen Stellen des letzteren liegen darin, besonders in den dickeren Schichten, grössere, mit rothbraunem

*) Fig. 8, Längsschnitt durch die äussere Hälfte desselben Rindenstücks.

Farbstoff erfüllte Zellen, welche von einander entweder durch einfache derbe Wände oder durch breite Streifen des engzelligen Horngewebes getrennt werden, welche übrigens von den engen Zellen des letzteren nur relativ verschieden sind. Dieses Gewebe unterscheidet sich, abgesehen von den weiteren darin eingebetteten Zellen, von dem Hornbast von Prunus Avium durch die Vertheilungsweise, indem es geschlossene mit den ebenfalls geschlossenen Bastschichten abwechselnde Schichten bildet. Wie dort, so bildet auch hier dieses Gewebe die Quelle für die Bildung des Gummis. Denn nicht nur, dass die in solchen Rindenstücken häufig eingelagerten Gummimassen schichtenartig mit den Bastschichten abwechselnd jenes dichte Gewebe ersetzen, an manchen Stellen, z. B. in der äussersten aus Gummi bestehenden Schicht (g) des VII. 7. dargestellten Rindenstückes, ebenso nach der Seite hin, kann man auch einen ganz allmälichen Uebergang des Horngewebes in die vollkommen structurlose Gummimasse beobachten, so dass kein Zweifel besteht, die letztere ist entstanden aus den aufgelockerten und durch Verschwinden der Zellenhöhlen zu einer homogenen Masse zusammengeflossenen Zellenwänden, womit gleichzeitig eine chemische Veränderung der Cellulose in den auflöslichen Zustand des Arabins stattfand. — In dem fertigen Gummi, wie es namentlich in grösseren Massen nach aussen hervorquillt, zeigt sich, wie gesagt, keine Structur mehr, nur hier und da liegen vereinzelte dünnwandige Zellen, welche wahrscheinlich die innere, nicht gummificirte Schicht der oben genannten grösseren Zellen des dichten Gewebes darstellen; auch finden sich darin zuweilen Gruppen von kleinen dickwandigen Zellen eingelagert, welche den Bastbündeln entsprechen. Einmal fand ich auch eine Gummimasse eingeschlossen in einem Fragment von Holz, vielleicht zum Zeichen, dass auch das Holzgewebe die Gummimetamorphose erleiden kann.

Die Abstammung des Gummi arabicum von anderen Arten derselben Gattung Acacia berechtigt uns, die oben nachgewiesene Bedeutung des Senegalgummi ohne Bedenken auch für jenes anzunehmen. Bedürfte es noch weiterer Gründe, so könnten wir als einen solchen noch anführen, dass sich in einer mir unter der Bezeichnung „Gummi australe“ vorliegenden Form des Arabins Amylumkörner eingelagert finden.

Es müssen aber hier namentlich gewisse Erscheinungen hervorgehoben werden, welche geeignet sind, einen genetischen Zusammenhang zwischen dem Arabin und Bassorin zu beweisen.

Es sind diejenigen Gummiarten, in welchen diese beiden Bestandtheile mit einander verbunden vorkommen. Hierher gehört vor Allem das Kirschgummi, und wir hatten bei der Beobachtung der Entstehung aus Zellenwänden zugleich Gelegenheit, direct wahrzunehmen, dass der Zellstoff sich zunächst in Bassorin und dieses in Arabin umwandelt. Auch das Senegalgummi enthält, wie aus dessen im Vergleich zum Gummi arabicum geringerer Löslichkeit und aus der etwas gallertartigen Beschaffenheit seiner Lösung hervorgeht, neben dem Arabin eine geringe Beimengung von Bassorin, während andererseits im Traganth neben dem vorwaltenden Bassorin eine Spur von Arabin vorhanden ist. Da nun sowohl das Bassorin als das Arabin als Umwandlungsproduct der Cellulose nachgewiesen worden ist, so müssen wir wohl die Ursache jener Vermischung beider Stoffe darin finden, dass sowohl im Senegalgummi als im Traganth die Umwandlung der Cellulose in Arabin unvollständig, und zwar im ersteren in höherem, im Traganth in geringerem Grade stattgefunden habe. Ausser Zweifel wird diese Ansicht gestellt durch folgenden Versuch. Benetzt man die Schnittfläche des Traganths mit Alkohol, so entsteht eine milchige Trübung, offenbar weil das im Traganth vertheilte Arabin durch den Alkohol gefällt wird. Unter dem Mikroskop äussert sich diess an einem dünnen Schnitt dadurch, dass weder innerhalb noch ausserhalb der Traganthzellen eine Trübung des Alkohols stattfindet, sondern die aufgequollenen, an sich vollkommen homogenen und durchsichtigen Zellenwände trübe werden, woraus folgt, dass das Arabin im Traganth weder neben und zwischen den Bassorinzellen, noch als Inhalt derselben seinen Sitz hat, sondern die Substanz der Zellenwände gleichmässig durchdringt, d. h. dass einzelne Molecule des aus dem Zellstoff hervorgegangenen Bassorins sich noch weiter in Arabin verwandelt haben.

Dieselbe Entstehungsweise wie die der Gummate lässt sich auch für die in ähnlicher Weise in der Form von erhärtenden Milchsäften aus den Pflanzen ausgeschiedenen Gummiharze, welche aus Harz, Arabin, Bassorin, ätherischem Oel in wechselnden Verhältnissen bestehen, nachweisen. Das Bdellium kommt meist nicht in „Mandeln“ von homogener Beschaffenheit sondern als Naturellsorte in Stücken vor, welche von Rindentheilen durchsetzt sind oder richtiger als Rindenstücke, in denen Gummiharz eingelagert ist. Das braune Rindengewebe (VII. 9., h.) sowohl als die Gummiharzmasse (g) sind mannichfach durchsetzt von hel-

len Peridermahäuten (pd). Das erstere besteht zum grössten Theil aus einer braunen, fast homogenen Substanz, welche sich als schmalere und breitere Stränge verzweigt, netzförmig unregelmässige, grosse und kleine, mit braunem Parenchym ausgefüllte Zwischenräume bildend, und welche bei genauer Betrachtung ein dichtes Gewebe aus verdickten, innig verschmolzenen Zellen, ähnlich dem Gummi erzeugenden Horngewebe der Kirschbaumrinde, darstellt. Wie dort löst sich auch hier dieses Gewebe, wie man sich durch deutliche Uebergänge überzeugen kann, in Bassorin und weiterhin zum Theil in Arabin auf, das Harz auch jetzt noch wie vorher einschliessend.*) So verwandeln sich grössere oder kleinere Partieen des Rindengewebes in gleichförmige Gummimassen.

Aehnliches lässt sich an manchen Stücken der Myrrhe beobachten. Selbst von solchen Stücken „schlechter Myrrhe", welche matt und trübe, aber doch gleichförmig aus Gummiharz zu bestehen scheinen, bleibt, wenn man Harz und Gummi durch Kochen mit Alkohol und darauf mit Wasser ausgesogen hat, eine reichliche zusammenhängende holzige Masse zurück, welche unter dem Mikroskop die verschiedenen Gewebe der Rinde zeigt.

Auch bei dem ostindischen Weihrauch finden sich häufig Stücke mit anhängender Rinde, sowie solche, wo sich die Gummiharzmasse und das Rindengewebe unregelmässig durchdringen und bieten Gelegenheit, Uebergänge von einem Gewebe aus dickwandigen Zellen, welche in ihren Höhlen Harzkörner enthalten, in die homogene Masse zu beobachten.

Unter denjenigen Gummiharzen, welche in der Form weisslicher Milchsäfte aus verwundeten Stellen des Stengels oder der Wurzel mancher Umbelliferen ausfliessen, habe ich den obigen Ursprung bei Asa foetida, Ammoniacum und Opopanax beobachtet. Es finden sich hier zuweilen Theile des Stengels, namentlich des Holzrings, in der Gummimasse eingebettet, oder selbst die vollständige Rinde mit dem Holzcylinder als mehr oder weniger geschlossene Platten, deren Inneres anstatt des Markes mit homogener Gummimasse ausgefüllt ist. Bei der Asa foetida liess sich ein allmählicher Uebergang der Rinde, namentlich eines dichtzelligen Gewebes aus engen, auf dem Querschnitt länglichen und schlänglig gekrümmten Zellen (Hornbast), in die Gummimasse wahrnehmen; besonders

*) Das Bdellium besteht nach Pelletier aus 59,0 % Harz, 36,6 % Bassorin, 9,2 % Arabin, 1,2 % ätherischem Oel.

scheint aber bei diesen Gewächsen das **Mark** der Sitz des Ursprungs für das Gummiharz zu sein. Das allmäliche Verschwinden der Zellstoffwände in das dem Gewebe angrenzende Gummiharz lässt sich besonders durch Anwendung von Chlorzinkjod sehr deutlich verfolgen; so fand ich bei dem Ammoniacum an der Grenze des Gewebes Zellen, deren Wand zur Hälfte noch reiner Zellstoff, zur anderen Hälfte bereits chemisch verändert war, und bei dem Opopanax füllen sich die Zellen des Markparenchyms mit Harz, die Wände lösen sich auf, und in der scheinbar homogenen Gummiharzmasse lassen sich stellenweise durch Chlorzinkjod noch die Zellenmembranen nachweisen. Der matte Bruch und die leichte Beschaffenheit des Panaxgummi beruht eben auf der reichlichen Vermengung mit parenchymatischem Gewebe, d. h. auf der verhältnissmässig unvollständigen Umwandlung desselben in Gummiharz.

Ueberhaupt hat bei den Gummiharzen der Unterschied zwischen besserer und geringerer Qualität hauptsächlich seinen Grund in dem Grade von Vollständigkeit, wie die Zellenwände sich in Gummi umgewandelt haben. Diejenigen Stücke, wo dies vollständig stattgefunden hat, bezeichnet man als „Mandeln". Dass auch für diese sowie für solche Gummiharze, welche nicht geeignet sind, den Ursprung direct beobachten zu lassen, z. B. Gummi Gutti, dieselbe physiologische Bedeutung gilt, wird, abgesehen von der Analogie, durch die eigenthümliche Vertheilungsweise der beiden wesentlichen Bestandtheile, Gummi und Harz, mehr als wahrscheinlich. Von den drei überhaupt denkbaren Weisen, wie diese beiden Stoffe mit einander gemischt sein können: 1) beide Stoffe in grösseren oder kleineren Theilchen gemengt, d. h. neben einander gelagert, weder der eine noch der andere einschliessend oder eingeschlossen; 2) die Gummitheile in einer zusammenhängenden Harzmasse eingeschlossen; 3) die Harztheile in einer zusammenhängenden Gummimasse eingeschlossen, — finden wir stets den letzten Fall; denn die Gummiharze mit Wasser liefern eine Emulsion, indem das Gummi aufgelöst und die Harz- und Oeltheilchen frei werden; dagegen mit Alkohol behandelt, behält das Gummiharz seinen Zusammenhang, dünne Schnitte unter dem Mikroskop zeigen sich als zusammenhängende Masse, welche durch die durch Auflösung des Harzes entstandenen Höhlen corrodirt oder porös erscheint. Dieser innere Bau würde sich weder durch die Annahme, dass Harz und Gummi sich nach ihrem Ausscheiden aus

Zellen, noch durch die Annahme, dass sie sich innerhalb der Zellen mit einander gemischt hätten, sondern allein durch die Annahme, dass der Gummibestandtheil des Gummiharzes durch Desorganisation der das Harz einschliessenden Zellenwände entstanden ist, wobei trotz des flüssigen Zustandes die ursprüngliche Lagerung sich ziemlich erhalten hat, erklären lassen. Abweichend von dem eigentlichen Gummiharz verhalten sich die mit Unrecht denselben beigezählten ächten d. h. in gewissen Bastzellen enthaltenen Milchsäfte wie das Euphorbium.

Endlich findet eine Verwandlung der Zellenwände in Bassorin nach Kützing's Ansicht*) statt im Holz bei der Weissfäule, bei der Fäulniss und Gährung von Früchten und Wurzeln, sowie bei der Kartoffelkrankheit.

Während in den bisher betrachteten Fällen das Gummi als Product eines abnormen Auflösungsprocesses entsteht und demgemäss mehr zufällig in den Pflanzen auftritt, finden wir diese Substanzen, namentlich das Bassorin, auch häufig als Erzeugniss des normalen Pflanzenlebens in regelmässiger Weise auftretend. Aber auch hier beruht die Entstehung wahrscheinlich immer auf einer Umbildung der Zellenwand, jedenfalls aber nicht auf einer Absonderung aus den Zellen.

Hierher gehören zunächst diejenigen Fälle, wo die ganze Zellenwand wahrscheinlich von Anfang an nicht aus Cellulose sondern aus Bassorin besteht, und wo sich daher das ganze Pflanzengewebe oder gewisse Theile desselben in kaltem oder kochendem Wasser in Schleim auflöst, nämlich bei vielen Algen, z. B. Sphaerococcus crispus, die Markschicht des Thallus von Cetraria islandica und anderen Flechten, die Parenchymzellen der Wurzel von Symphytum officinale, die Albumenzellen von Avena sativa (Haferschleim) und anderen Samen.**) Die Auflösung ist hier so vollständig, dass der Schleim ganz homogen erscheint.

Bei anderen Pflanzen hat das Bassorin seinen Sitz innerhalb gewisser von den übrigen ausgezeichneter Zellen (Gummizellen). Hierher gehören die grossen, mit homogenem farblosem Schleim erfüllten Zellen, welche im Gewebe der Orchisknollen (Salep) von

---

*) Philos. Botanik I. p. 207.

**) Ob auch die Zellenwände der Orchisknollen aus Bassorin bestehen, ist mir zweifelhaft, indem ich dieselben beim anhaltenden Kochen mit Wasser bald in Schleim verwandelt, bald unverändert fand.

den übrigen, stärkmehlhaltigen kleineren Zellen umgeben sind und als durchsichtige Punkte in der trüben mehligen oder hornartigen Substanz erscheinen, deren Inhalt beim Kochen durch Auflockerung der Zellenwände frei werdend den Salepschleim darstellt. Dieser homogene Inhalt färbt sich durch Jod violett (nach Schleiden variirt diese Färbung zu verschiedenen Vegetationszeiten zwischen röthlich-gelb, weinroth, violett bis blau). Diess deutet darauf hin, dass diese Form von Bassorin in einem näheren Verhältniss zum Zellstoff steht und vielleicht durch Auflösung bereits im Anfang vorhandener Verdickungsschichten der Zellenwand entstanden ist. Auch bei den Cacteen und in der Althaewurzel findet sich ein homogener farbloser Schleim als ausschliesslicher Inhalt einzelner von den übrigen durch etwas grösseren Durchmesser unterschiedener Parenchymzellen. In beiden Fällen (z. B. bei Opuntia elatior, VII. 6.) finde ich in der Regel in der Mitte dieser Zellen mehr oder weniger deutliche Spuren einer undeutlich begrenzten Höhle, von welcher zum Theil Strahlen (ähnlich den Porenkanälen verdickter Wände) ausgehend, den Schleiminhalt durchsetzen. Cramer giebt sogar an, bei den Cacteen regelmässige concentrische Schichten in dem Inhalt der Schleimzellen beobachtet zu haben. Hiernach ist es wohl mehr als wahrscheinlich, dass wir es auch hier mit mehr oder weniger vollständig deorganisirten Verdickungsschichten der Zellenwand zu thun haben. Gleiches gilt vielleicht auch für die nach Karsten (Abh. der Berliner Akademie 1847, p. 205) bei manchen Baumfarnen vorkommenden grossen gummihaltigen Zellen, sowie für die Gummizellen in dem aus der Familie der Mimosen stammenden Cortex adstringens bras. und in der Bastschicht gewisser Zimmetrinden. Ganz unzweifelhaft ist dieser Ursprung des Pflanzenschleims innerhalb der Oberhautzellen verschiedener Samen, z. B. Cydonia vulgaris, Linum usitatissimum, Plantago Psyllium u. s. w., oder der Pericarpien bei den Compositen und Labiaten, sowie bei den Haaren mancher Samen, wo derselbe in Form von secundären, die Zellenhöhle fast ganz ausfüllenden Verdickungsschichten, besonders der Aussenwand, auftritt und beim Aufweichen, die primäre Membran sprengend, an die Oberfläche tritt und erst beim weiteren Aufquellen die Schichtenstructur verliert.*)

---

*) Mohl, Bot. Zeitung 1844, p. 323. — A. Braun, Verjüngung, p. 207. — Unger, Anatomie der Pflanze, p. 78. — Cramer in Nägeli und

Damit wird nicht in Abrede gestellt, dass es nicht auch Gummizellen geben könne, wo das Gummi von Anfang an als unorganisirt, d. h. als wirklicher Inhalt auftritt.

Wo die Gummistoffe auch als Inhalt eigener Gänge zwischen dem Gewebe, z. B. bei den Cycadeen, vorkommen, glaube ich mich überzeugt zu haben, dass diese Gänge durch Auflösung gewisser Zellenpartieen entstehen, und dass das Gummi theils bereits als Inhalt dieser Zellen vorhanden war, theils aus der Verflüssigung der Zellenwände hervorgeht. Eigentliche Gummigefässe, durch Verflüssigung der horizontalen Scheidewände über einander stehender Zellen, fand Karsten (a. a. O.) bei den Marattiaceen. Dessen Angabe, dass hier auch die umgebenden Zellen an der Absonderung von Gummi Theil nehmen, bedürfte erst der Begründung.

Nirgend ist auch im normalen Pflanzenleben eine Erscheinung bekannt, welche Veranlassung zur Annahme einer Ausscheidung von Gummi aus Zellen giebt. Ohnehin gehören alle zuletzt betrachteten Gummistoffe in die Kategorie des Bassorins, d. h. sind nicht wirklich auflöslich und daher für die Exosmose nicht geeignet.

Endlich müssen wir vielleicht in dieses Gebiet von Erscheinungen auch folgende rechnen. Bekanntlich lassen sich manche Pflanzengewebe, z. B. das der Kartoffel, schon durch Kochen mit Wasser in ihre einzelnen Zellen trennen, indem sich die benachbarten im status nascendi gleichsam zu einer einzigen verschmelzenden primären Zellenwände in ihre beiden Hälften spalten. Da die Zellenwände selbst hierbei keine Veränderung erleiden, so muss offenbar ein dieselben verbindender Stoff zwischen denselben vorhanden sein, welcher sich durch die Eigenschaft, in kochendem Wasser aufgelöst oder aufgelockert zu werden, sowie durch die Fähigkeit zu kleben, von dem fertigen Zellstoff der sich trennenden Zellenwände unterscheidet und daher wohl in die Reihe der Gummisubstanzen zu rechnen ist. Damit ist jedoch nicht gesagt,

---

Cramer: Pflanzenphysiolog. Untersuchungen, Heft 3., p. 1. — Karsten, Bot. Zeitung 1857, 318. — Hofmeister in den Berichten über die Verhandlungen der sächs. Gesellschaft zu Leipzig, Bd. VI. 1858. p. 18.

Der Schleim aus den Quittensamen ist nicht zu verwechseln mit dem, welchen das Fruchtfleisch liefert. Letzterer, das Pectin, bildet sich erst durch das Kochen und geht aus einem dünnflüssigen Zustand in den gallertartigen über.

dass dieser Stoff eine von den Zellenwänden unabhängige Existenz haben müsste; wir können uns das Dasein dieses hypothetischen Stoffes recht gut erklären, wenn wir annehmen, dass die benachbarten Zellmembranen in einem Stadium verwachsen sind, wo sie noch ganz aus Bassorin bestanden, und dass bei der weiteren Umbildung zu Cellulose nur die äusserste Oberfläche derselben die ursprüngliche Gummibeschaffenheit beibehalten hat. Erfolgt die Trennung der Zellen wie in den meisten Geweben erst mit Hilfe stärkerer Auflösungsmittel, so ist diess nur ein Zeichen, dass hier die Zellenwand an der Oberfläche sich der Natur des Zellstoffs mehr genähert hat. Auch die Verwachsung, z. B. des Propfreises, des Auges etc. mit dem Subject, nämlich die Verwachsung von Cambium mit Cambium, hat wohl ebenfalls ihren Grund in einer jugendlichen, mehr dem Bassorin als der reifen Cellulose entsprechenden Natur der Cambialzellenwände, — wogegen die Verwachsung zweier ausgebildeten Pflanzentheile eine nachträgliche Verflüssigung der in Berührung kommenden Zellenwände an ihrer Oberfläche voraussetzt, falls man nicht seine Zuflucht zur Annahme einer Ausscheidung einer verkittenden Substanz nehmen will. —

Die vorstehenden Nachweisungen über die Gummisubstanzen führen uns zu folgenden allgemeinen Ansichten.

a. Alle bekannten Fälle von Erzeugung gummiartiger Stoffe im Pflanzenreich zerfallen in zwei Klassen: in solche, wo dieselben als Erscheinungen des normalen Pflanzenlebens in bestimmter und gesetzmässiger Weise auftreten, nämlich wo die ganze Zellenwand (z. B. bei vielen höheren Algen, Wurzel von Symphytum officinale) oder die Verdickungsschichten derselben (Epidermis vieler Samen), oder wo der Inhalt gewisser Zellen (Althäwurzel, Orchisknolle, Cacteen, Baumfarn) aus Bassorin besteht, — und in solche, wo die genannten Stoffe in abnormer und unregelmässiger Weise bei manchen Pflanzen als ungleichmässige Massen unter gewissen Umständen und ganz local innerhalb der Gewebe sich anhäufen oder auch nach aussen hervortreten (arabisches Gummi, Bassoragummi, Tragantb, Kirschgummi).

b. Was die Entstehungsweise betrifft, so liegt der Erzeugung der letztgenannten Gummiarten nicht etwa, wie man anzunehmen pflegt, ein normaler Process zu Grunde, welcher, durch gewisse Ursachen krankhaft gesteigert, die Anhäufung oder Ausscheidung grösserer Gummimassen zur Folge hätte, vielmehr tritt in diesen Fällen die Gummibildung unter gewissen Umständen als eine neue

Erscheinung auf, und zwar dadurch, dass die aus Zellstoff bestehenden Zellenwände ganzer Gewebspartieen, sowie zum Theil auch die eingeschlossenen Stärkekörner chemisch umgebildet und mehr oder weniger vollständig deorganisirt werden. Von den in allen Lehrbüchern der Physiologie angenommenen „Gummigängen" oder „Gummibehältern", sei es, dass man darunter Kanäle mit einer eigenen Wand oder Intercellulargänge, in welchen sich das aus den angrenzenden Zellen oder anderwärts ausgesonderte Gummi ansammele, versteht, findet sich wenigstens bei denjenigen Pflanzen (Acacia, Astragalus, Prunus), für welche man sich durch die besonders reichliche Gummierzeugung zu jener Annahme vorzugsweise veranlasst sah, in Wirklichkeit auch nicht eine Andeutung. Wirkliche Gummigänge, wo solche vorkommen (z. B. Cycadeae), sind sehr wahrscheinlich durch Auflösung der Zellenwände gewisser Gewebsstränge entstanden. Das Gummi als Ausfüllung eigener Zellen ist entweder wirklicher Zelleninhalt, oder beruht, wie für die meisten Fälle als wahrscheinlicher nachgewiesen ist, auf einer Aufquellung der Verdickungsschichten der Wand. Dagegen fehlt es für die Annahme einer Aussonderung gummiger Substanzen aus dem Inneren gewisser Zellen nach aussen schlechterdings an irgend einer Thatsache sowohl im abnormen als im normalen Pflanzenleben. Eine solche Ausscheidung würde überhaupt nur denkbar sein für die wirklich auflöslichen Formen des Gummi (Dextrin und Arabin)*); — für das Bassorin, und diesem gehören fast alle jene in Frage kommenden Gummisubstanzen an, ist, weil es nicht wirkliche Lösungen bildet, daher für eine Exosmose unfähig ist, eine Ausscheidung durch Zellenmembrane von vornherein unmöglich. Dass aber eine lösliche Gummiart erst ausserhalb der Zelle in Bassorin übergegangen sei, wird Niemand annehmen wollen. Ohnehin hätte die so nahe liegende Entstehung der Gallerte aus Carragheen und isländischem Moos durch blosse Aufquellung der Zellenwände eher auf den Gedanken, die Gummistoffe überhaupt auf diese Weise zu erklären, als auf die jeder Basis entbehrende Fiction von Gummisecretion führen sollen.

c. Dass die sogenannten Kohlenhydrate nicht nur ihrer che-

*) Nach Hofmeister's Versuchen (Berichte über die Verhandlungen der sächs. Gesellschaft, IX. 1857. p. 157.) lässt die vegetabilische Membran eine Lösung von Gummi arabicum gar nicht und selbst bei erhöhtem Druck nur in geringem Grade durch.

mischen Zusammensetzung sondern auch ihrer physiologischen Bedeutung nach unter einander nahe verwandt sind, ist bekannt, namentlich hat man Gründe, einen unmittelbaren Uebergang zwischen Zucker, Dextrin und Amylum, sowie zwischen Zucker, Dextrin und Zellstoff im Lebensprocess der Pflanze anzunehmen. Durch die mitgetheilten Beobachtungen lernen wir nun einen solchen physiologischen Zusammenhang auch zwischen dem Zellstoff, Bassorin und Arabin kennen. Wir haben gesehen, dass diese Stoffe direct in einander übergehen und zwar stets in der angegebenen Reihenfolge, indem das Arabin, soweit bekannt ist, nicht anders in der Pflanze vorkommt als in Folge einer Metamorphose des Zellstoffs, und zwar nicht direct, sondern nach Durchlaufung des Bassorins als regelmässiger Durchgangsform. Hierbei bemerken wir, dass zwischen diesen drei Stoffen ein Fortschritt einerseits in Beziehung auf die Löslichkeit (Zellstoff im Wasser unlöslich und nicht gallertartig aufquellend, Bassorin unlöslich aber aufquellend, Arabin löslich), andrerseits parallel damit eine fortschreitende Abnahme der plastischen Beschaffenheit (der Zellstoff stets in bestimmter Form als scharf begrenzte Zellenmembran, das Bassorin theils in Form von Zellenwänden oder deren Verdickungsschichten, theils formlos, das Arabin stets vollkommen amorph und structurlos) stattfindet. In letzterer Beziehung repräsentiren die drei Substanzen: Zellstoff, Bassorin, Arabin, drei verschiedene Stufen eines Entbildungsprocesses.

Indem ich sage: drei verschiedene Stufen, halte ich vorläufig die gewöhnliche Ansicht fest, wonach diese drei Stoffe zwar als nahe verwandt, aber gleichwohl als drei durch bestimmte Merkmale gegeneinander charakterisirte, deshalb mit besonderen Namen bezeichnete Verbindungen betrachtet werden. Diese Merkmale sind theils die oben angeführten, den Grad der Löslichkeit und plastischen Fähigkeit betreffenden, theils kommt dazu noch das verschiedene Verhalten gegen Jod*), indem nach der gewöhnlichen Annahme die blaue oder röthliche Färbung durch Jod als charakteristisch für Cellulose zum Unterschied von Bassorin (und Arabin) gilt. Diese Unterscheidung wird aber durch die im Vorhergehenden mitgetheilten, sowie durch andere Thatsachen wesentlich modificirt. Denn es ergiebt sich daraus, dass die Grenzlinien, je nachdem man die Löslichkeit oder das Verhalten gegen Jod als

*) Jod oder Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod ist hier gleichgiltig.



Kriterium wählt, keineswegs zusammenfallen, indem wir Bildungen finden, welche nach dem einen Kriterium als Zellstoff, nach dem anderen Kriterium als Bassorin bestimmt werden müssen, wie z. B. die Zellenwände der Fucoideen nach ihrer gallertartigen Beschaffenheit zum Bassorin, wegen ihrer Reaction gegen Jod grossentheils zur Cellulose gehören u. s. w. Zwar ist der Zellstoff durch die vollständige Unlöslichkeit von dem vollständig löslichen Arabin scharf genug unterschieden, dazwischen aber liegt das Bassorin in allen möglichen Graden der Fähigkeit aufzuquellen, worin es sich einerseits dem Zellstoff, andrerseits dem Arabin annähert; und so werden auch in Beziehung auf die Form die beiden äussersten Gegensätze der Reihe, von denen der Zellstoff nie ohne, das Arabin nie mit Structur auftritt, durch das Bassorin vermittelt; denn wir finden denselben Stoff bald als Membran vegetirender Zellen (Algen, Wurzel von Symphytum), bald als eine dichte Gummimasse, in welcher wie beim Traganth nur die mehr oder weniger deutlichen Spuren eines untergegangenen Zellenbaues zu erkennen sind, bald als vollkommen homogenen Schleim wie in Orchisknollen und bei den Cacteen von Natur, oder beim Carragheen etc. in Folge der künstlichen Aufquellung, an welche Form sich das absolut structurlose Arabin unmittelbar anreiht. Ebenso äussert sich die blaue Färbung durch Jod schon bei verschiedenen Formen des Zellstoffs in sehr verschiedenem Grade, sie zeigt sich namentlich auch bei dem Bassorin, und zwar sowohl da, wo diese Substanz als Membran unversehrter Zellen auftritt, wie bei den höheren Algen, in der Epidermis vieler Samen etc., als auch da, wo dieselbe, im Begriff sich aufzulösen, noch die Umrisse der zerfliessenden Zellenwände zeigt (wie beim Traganth); und selbst da, wo das Bassorin vollkommen structurlos erscheint, erfolgt häufig noch die blaue Färbung wie beim Schleim der Quittensamen, des Salep, der Symphytumwurzel; während alle diese Zustände des Bassorins in anderen Fällen die Färbung nicht erleiden. So kommt es, dass unter der gemeinschaftlichen Bezeichnung Bassorin Substanzen zusammenbegriffen werden, welche — wie die erst durch Kochen zu erweichende, durch Jod augenblicklich blau werdende Membran des normalen Fucusgewebes und andrerseits der an sich flüssige schleimige, durch Jod nicht gebläute Inhalt vieler Zellen — ungleich verschiedenartiger sind als gewisse Formen von Bassorin im Vergleich zur Cellulose, wie denn in der That der Membran-

stoff der höheren Algen oder von Cetraria islandica mit gleichem Recht als Cellulose wie als Bassorin zu bezeichnen ist. Kurz es ist in allen drei Beziehungen: Consistenz, Form (Structur) und Verhalten gegen Jod, geradezu unmöglich, den Begriff von Cellulose und Bassorin festzustellen.*)

Bestimmter lässt sich der Unterschied zwischen dem Bassorin und Arabin auffassen, indem für die Auflöslichkeit des letzteren gegenüber der bloss mechanischen Vertheilbarkeit des ersteren die Fähigkeit, geschlossene Membranen endosmotisch zu durchdringen, allerdings wenigstens dem Begriff nach ein scharfes Kriterium darbietet. In der Wirklichkeit möchte sich aber auch dieses schwerlich bewähren, wenn wir bedenken, dass bei der oben beschriebenen Entstehung des Arabins ein ganz stetiger Uebergang nicht nur vom Zellstoff in das Bassorin, sondern auch von diesem zu dem Arabin beobachtet wurde, so dass es unmöglich war, eine

*) Anders ist das Verhältnis zwischen Cellulose und Amylum. Zwar ist die früher übliche Unterscheidung, wonach Amylum durch Jod unmittelbar, Zellstoff erst durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird, weggefallen, seitdem man weiss, dass die Mitwirkung der Schwefelsäure nicht wesentlich ist, dass vielmehr auch Zellstoff häufig unmittelbar durch Jod gebläut wird, dass diess also nur eine relative Verschiedenheit ist. In chemischer Hinsicht bleibt nur der, vielleicht auch nicht absolute, Unterschied bestehen, dass beide Stoffe mit Salpetersäure Zersetzungsproducte von verschiedener Constitution liefern. Vor Allem zeigt sich eine durchgreifende Verschiedenheit beider Stoffe in ihrem morphologischen und physiologischen Verhalten, indem der Zellstoff nur in der Form von Zellenmembranen, das Stärkmehl nur in Form von Körnern als Zelleninhalt auftritt. Hiergegen würde freilich die Moosstärke als Substanz der Zellenwände bei den Flechten im Wege stehen, wenn es nicht ohnehin an der Zeit wäre, diesen Begriff, welcher lediglich auf die veraltete Ansicht, dass Blaufärbung durch Jod ein specifisches Merkmal für Stärkmehl sei, gegründet ist, mit letzterer Ansicht zugleich fallen zu lassen und die Substanz jener Zellenwände nach dem richtigeren Kriterium der Gestalt dem Begriff Cellulose, oder wenn man die Fähigkeit, durch Kochen zu einer homogenen Gallert zu zerfliessen, in Betracht zieht, noch besser dem Bassorin unterzuordnen. — Ich stimme hierin Mohl bei, wogegen Nägeli (Stärkekörner, p. 209) den auf die Reaction durch Jod gegründeten Unterschied zwischen Cellulose und Amylum („Granulose") festhält und die verschiedenen Grade der Blaufärbung durch Jod bei den organisirten Kohlenhydraten hauptsächlich aus dem ungleichen Mischungsverhältnis der beiden genannten Stoffe erklären will und diese Verschiedenheiten selbst mit drei Namen bezeichnet. Auch das verschiedene Verhalten der Cellulose und des Bassorins gegen Quellungs- und Lösungsmittel betrachtet er als relativ und bezeichnet in dieser Beziehung die erstere als „Medullin", das andere als „Gelin".

bestimmte Grenze zwischen diesen verschiedenen Zuständen anzugeben.*)

Es ergeben sich hiernach die oben als drei verschiedene Stufen des Entbildungsprocesses der Zellenwand aufgefassten Substanzen: Cellulose, Bassorin, Arabin, vielmehr bloss als drei zeitlich aufeinanderfolgende Formen oder Aggregatzustände eines und desselben in einer Metamorphose begriffenen chemisch bestimmten Stoffes, vorausgesetzt nämlich, dass diese drei Substanzen nach der früheren Ansicht der Chemiker in ihrer Constitution wirklich übereinstimmen. Nun hat aber bekanntlich Neubauer nachgewiesen, dass das Arabin eine Säure ist („Arabinsäure"), welche im Gummi arabicum mit Kalk etc., zu einem Salz verbunden vorkommt. Nach Frémy**) wird diese Säure („Gummisäure") durch concentrirte Schwefelsäure oder durch Erhitzen bis 150° in eine isomere Verbindung: „Metagummisäure" (bezw. metagummisauren Kalk) umgewandelt, welche unlöslich sein und mit dem Bassorin im Bassoragummi im Wesentlichen übereinstimmen soll, und aus welcher man durch Basen sowie durch Kochen mit Wasser den löslichen gummisauren Kalk (Gummi arabicum) wieder herstellen könne. Ebenso soll das Bassoragummi, sowie der unlösliche Bestandtheil des Kirschgummis, das Cerasin (nach Fremy: „Metagummisäure"), nachdem man es durch verdünnte Säure vom Kalk getrennt hat, durch Kalk in Arabin verwandelt werden.

Durch diese künstlichen Transformationen, wenn sie sich bewähren sollten, würde einerseits unsere im Obigen durch Beobachtung gewonnene Ansicht von einem genetischen Zusammenhang der genannten Stoffe eine Bestätigung auf experimentellem Wege finden, — andrerseits würde sich aber auch der Charakter jener Metamorphose bestimmter herausstellen und zwar nicht bloss als eine Veränderung des Aggregatzustandes, sondern zugleich als eine chemische Veränderung, indem jene Umbildungsproducte des Zellstoffs, der doch als ganz neutral betrachtet wird, den Charakter von Säuren annehmen, und zwar so fortschreitend, dass die Sättigungscapacität derselben in dem Maass zunimmt, wie die Organisation verschwindet.

d. Die vorstehende Betrachtung knüpfte sich zunächst an ge-

*) Vergl. auch die Anm. p. 152.

**) Comptes rendus 1860 p. 124.

wisse Fälle einer abnormen oder zufälligen Entbildung der Zellenmembran an. Wir werden dadurch an eine Reihe von ungleich wichtigeren Erscheinungen im normalen Pflanzenleben erinnert, wo die Membranen gewisser Gewebe durch die Vegetation selbst aufgelöst und resorbirt werden, z. B. der Eikern während der Entwicklung des Embryo, das Albumen beim Keimen, die Erzeugung von Luftlücken im Gewebe, namentlich die Auflösung des Markes (insofern hier nicht etwa nach der gewöhnlichen, mir übrigens nicht wahrscheinlichen Annahme eine blosse mechanische Zerreissung zu Grunde liegt), das Verschwinden der Mutterzellen u. s. w.*) Eins der Endproducte dieses Auflösungsprocesses des Zellstoffs beim Keimen ist bekanntlich das Dextrin, in seinen physikalischen Eigenschaften dem Arabin zunächst verwandt. Die Vergleichung mit dem oben betrachteten abnormen Deorganisationsprocess macht es nun wahrscheinlich, dass beide Processe analog sind, dass insbesondere, wie beide gleiche Ausgangspunkte und ähnliche Endpunkte haben, auch das Bassorin bei der normalen Entbildung ebenso wie bei abnormen als mittleres Stadium durchlaufen wird. Dafür scheinen auch manche Thatsachen, z. B. die Bildung der Gallerthülle bei den niederen Algen durch Auflockerung der Membranen der vorhergegangenen Zellengenerationen, zu sprechen; auch das oben erwähnte Auftreten von Bassorin als Inhalt vieler Zellen durch Auflockerung von Verdickungsschichten der Wand gehört vielleicht hierher.

e. Gegenüber diesem Entbildungsprocess, sowohl dem abnormen als dem normalen, findet in noch normalerer Weise, nämlich in allen lebendigen Zellen, ein Bildungsprocess statt, welcher mit dem Dextrin beginnt und mit dem Zellstoff (resp. Amylum) endigt, und welcher insofern als dem ersteren entgegengesetzt aber analog betrachtet werden muss, als das Product desselben mit dem Ausgangsglied von jenen übereinstimmt, und als andrerseits das Dextrin als Ausgangsglied des letzteren mit dem Arabin als dem Endpunkt des ersteren wenigstens so nahe verwandt ist, dass man beide früher für identisch hielt. Der rückschreitenden Metamor-

*) Bei der trocknen Fäule des Holzes, deren Product jene meist weisse, markartig weiche, im Dunklen leuchtende Holzmasse ist, findet eine Auflösung der Verdickungsschichten der Holzzellen statt, so dass nur die dünnen primären Wände übrig bleiben. Andere hierher gehörige Fälle beschreibt A. Braun, Verjüngung, p. 202.

phose bei der Gummibildung aus dem Zellstoff entspricht also eine fortschreitende Metamorphose innerhalb der Zelle; von der letzteren kennen wir bis jetzt nur Anfang (Dextrin) und Ende (Cellulose, Amylum), aber die angegebene Analogie des Entbildungsprocesses macht es wahrscheinlich, dass, wie nachweislich dort, so auch hier das Bassorin eine wesentliche Rolle spielt, nämlich eine Durchgangsstufe zwischen dem Dextrin und Zellstoff (Amylum), gewissermaassen den unfertigen Zustand des Zellstoffs darstellt. Wesentlich unterstützt wird diese Hypothese, abgesehen von der isomeren Zusammensetzung und dem oben nachgewiesenen Mangel eines scharfen Unterschiedes zwischen Zellstoff und Bassorin, durch die Thatsache, dass das Bassorin in gewissen Fällen als Membran vegetirender Zellen auftritt.

f. Die eben aufgestellte Analogie zwischen dem abnormen Entbildungsprocess bei der Erzeugung der sich massenhaft im Gewebe anhäufenden Gummisubstanzen und dem normalen Bildungsprocess, dessen Product der Zellstoff (bezw. Amylum) ist, erleidet jedoch eine erhebliche Beschränkung, wenn wir bedenken, dass die als entsprechende Glieder angenommenen beiden Stoffe Arabin und Dextrin obwohl in ihren physikalischen Eigenschaften und in der elementaren Zusammensetzung einander sehr ähnlich, doch in anderer Beziehung sehr bestimmt unterschieden sind. Bekanntlich lenkt das Dextrin die Polarisationsebene nach rechts*), das Arabin nach links, — Dextrin verwandelt sich unmittelbar in Traubenzucker, Arabin thut diess erst mittelbar mit Durchlaufung eines Zwischenproductes (des „Gummidextrins"), — Dextrin ist eine neutrale Verbindung, Arabin verhält sich wie eine Säure und tritt, wie es scheint, stets in Verbindung mit Basen als Salz auf. Da nun auch in gewissen Fällen der Entbildung, z. B. bei der Auflösung des Albumens keimender Samen, nicht Arabin, sondern Dextrin erzeugt wird, so erscheint es naturgemässer, nicht sowohl einen Entbildungsprocess (rückschreitende Metamorphose) des Zellstoffs dem Bildungsprocess (fortschreitende Metamorphose), sondern vielmehr diejenige Stoffreihe, deren Endpunkt das Arabin ist, derjenigen Stoffreihe, in welcher das Dextrin, sei es als Anfangs- oder als Endglied, auftritt, gegenüber zu stellen, und wir wollen im Fol-

*) Nach Béchamp (Comptes rendus, LI, p. 255) lenkt das aus Stärke dargestellte Dextrin die Polarisationsebene nach rechts, dagegen das aus Holzfaser gewonnene Dextrin nach links.

genden die erstere kurzweg als die Arabin-Metamorphose, die zweite als Dextrin-Metamorphose bezeichnen.

Zu der Arabin-Metamorphose gehört die Erzeugung von Bassoragummi, Traganth, Kirschgummi, arabischem Gummi und dessen Verwandten und von dem Gummi in den Gummiharzen.

Zu der Dextrin-Metamorphose gehört: 1) der normale Assimilationsprocess innerhalb lebender Zellen, nämlich die Umwandlung des Dextrins in Zellstoff (bezw. Amylum*), 2) die Bildung des Bassorins da wo es die ganze Membran lebender Zellen darstellt, z. B. bei vielen Algen, in den Orchisknollen, Wurzel von Symphytum officinale, Markschicht von Cetraria islandica etc., Sporenschläuche der meisten Flechten, — 3) wahrscheinlich alle diejenigen Fälle, wo das Bassorin als Zelleninhalt auftritt, sei es als homogener Schleim (Salep etc.), oder als secundäre Verdickungsschichten (Epidermis der schleimgebenden Samen), — 4) diejenigen Fälle, wo im normalen Pflanzenleben die Zellenwand sowie das Amylum in Dextrin aufgelöst wird (Auflösung des Albumens beim Keimen, des Eikerns bei dem Reifen des Samens etc.). Für viele Fälle normaler Entbildung von Zellenwänden, z. B. der Mutterzellen, Bildung der Gallerthülle vieler niederen Algen, Auflösung ganzer Gewebspartieen im Innern der Pflanze etc., ist der Charakter der Metamorphose zweifelhaft, weil das Auflösungsproduct noch nicht bestimmt ist.

Insbesondere bedürfen die verschiedenen Formen des Bassorins einer genaueren chemischen Untersuchung. Es ist mir nämlich sehr wahrscheinlich, dass die mancherlei Bassorinformen nicht, wie man bisher annahm, chemisch identisch sind (denn die von manchen Chemikern aufgestellte Unterscheidung zwischen „Pflanzenschleim" und „eigentlichem Bassorin" beruht auf keinem wirklichen oder höchstens auf einem bloss relativen Unterschiede, und selbst die bedeutenden Abweichungen, welche bei dem Bassorin in Beziehung auf die Structur, auf die Consistenz und auf das Verhalten gegen Jod stattfinden, lassen, wie wir gesehen haben, durchaus keine scharfe Abgrenzung zu), sondern dass sich dieselben auf zwei chemisch verschiedene Stoffe zurückführen lassen werden,

*) Da Zellstoff und Amylum chemisch nicht wesentlich verschieden sind, und da beide aus dem Dextrin hervorgehen und in Dextrin zurückgeführt werden können, so dürfen wir die Erzeugung beider Stoffe vorläufig, namentlich gegenüber der Arabinmetamorphose, als gleichbedeutende Processe betrachten.

deren Unterschied, wenn auch nicht so bedeutend wie der zwischen Dextrin und Arabin, jedoch dem letzteren analog sein würde, indem die eine Art, aus dem Dextrin hervor- oder in dasselbe übergehend, sich als neutrales Kohlenhydrat, die andere Art dagegen als eine schwache Säure, welche in Verbindung mit Basen vorkommt, verhalten wird, wie diess letztere wirklich bereits von gewissen Bassorinformen bekannt ist. Auch wäre zu ermitteln, ob sich beide zum polarisirten Licht nicht entgegengesetzt verhalten. Dieser Unterschied zweier Modificationen des Bassorins muss natürlich auch durch zwei verschiedene Bezeichnungen ausgedrückt werden, deren Aufstellung jedoch sowie die zuvor erforderliche schärfere Begründung des Unterschiedes selbst den Chemikern zukommt.

Vor Allem macht sich der Gegensatz zwischen den beiden Arten der Gummimetamorphose in physiologischer Beziehung geltend. Die Dextrin-Metamorphose gehört nämlich, soweit bekannt ist, nur dem normalen Pflanzenleben an, sie hat ihren Sitz entweder im Inhalt der Zelle, oder, wo sie sich als rückschreitende Metamorphose, als Entbildung der Zellenwand äussert, da scheint sie stets von den innersten Schichten der letzteren zu beginnen und nach aussen fortzuschreiten. Im ersteren Falle sind die Stoffe dieser Reihe, namentlich das Dextrin, ein wesentlicher Factor des Zellenlebens, der Assimilation selbst, im anderen Falle scheint die Rückbildung und Auflösung der Zellenwand wesentlich von der Lebensthätigkeit im Innern der Zelle angeregt zu werden oder vielmehr die Auflösung selbst eine Form des Zellenlebens zu sein. In wie fern hierher auch gewisse Fälle normaler Entbildung ausserhalb der Zelle, namentlich die Auflösung der Mutterzellenwände, gehören, muss erst noch ermittelt werden. — Die Arabin-Metamorphose dagegen scheint stets als eine abnorme und unregelmässige Erscheinung im Leben der Pflanze aufzutreten; die hierher gehörige Entbildung der Zellenwand beginnt, wie oben nachgewiesen wurde, von aussen und schreitet nach innen fort, sie hat, wie es scheint, ihren ersten Grund in einem gewissen Zustand der betreffenden Zellenmembran und wird in ihrem weiteren Verlauf vielleicht sogar durch äussere (athmosphärische) Einflüsse bedingt; von der Lebensthätigkeit im Innern der Zelle dagegen ist sie nicht nur unabhängig, sondern es geht im Gegentheil aus den Thatsachen, wie namentlich für den Gummifluss beim Kirschbaum oben nachgewiesen wurde, mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass diese

Art der Deorganisation erst Folge eines beginnenden oder vollendeten Absterbens der betreffenden Partieen des Zellgewebes ist.

Während wir die Dextrin-Metamorphose als einen wesentlichen Vorgang im Lebensprocess selbst zu betrachten haben, erscheint daher die Arabin-Metamorphose gleichsam als ein mechanischer Process, als eine Art Zersetzung und Zerstörung, durch welche ganze Massen von Zellen untergehen, wogegen durch die Dextrin-Metamorphose in den meisten Fällen das Zellenleben erhalten wird, indem entweder der Inhalt zum Wachsthum der Wand oder die Substanz der Wand zur Speisung des Inhaltes verwandt wird. Bei der Dextrin-Metamorphose sind die Glieder derselben vom Dextrin bis zum Zellstoff und wieder zurück zum Dextrin activ, bei der Arabin-Metamorphose dagegen sind die Glieder derselben passiv, und nicht nur diese sondern auch alle übrigen Bestandtheile der Zelle werden von dem Auflösungsprocess ergriffen und dem Product der deorganisirten Zellenwand beigemengt. Daraus erklären sich denn auch gewisse Eigenschaften der hierher gehörigen Gummistoffe. So rührt die gelbe, braune oder rothe Farbe der meisten unter denselben theils von dem braunen Inhalt der Zellen, theils von einem auch die Zellenwände gelb oder braun färbenden Stoffe her, welcher anfangs farblos und durch Salzsäure violett gefärbt wird und weiterhin, wie ich anderwärts zeigen werde, aus einer Umwandlung des Gerbstoffs hervorgegangen ist; hiermit stimmt der Umstand überein, dass bei Prunus Avium dasjenige Gummi, welches aus den durch Salzsäure sich violett färbenden Wänden der Gefässe und des Holzparenchyms, sowie aus dem ursprünglich gerbstoffhaltigen Parenchym der Borke entspringt, stets rothbraun gefärbt,, dagegen dasjenige Gummi, welches durch Umwandlung der die violette Färbung durch Salzsäure nicht erleidenden Gewebe der Rinde (Steinparenchym, Hornbast und Periderma) entstanden ist, anfangs wenigstens farblos ist; ferner gehört hierher die Erscheinung, dass die braune Farbe besonders bei denjenigen Gummiarten vorkommt, welche aus der sehr gerbstoffreichen Gattung Acacia abstammen, während der Traganth, dessen Stammpflanzen arm oder frei von Gerbstoff sind, nicht merklich gefärbt erscheint. So erklärt sich ferner auch der regelmässige Aschengehalt der mit dem Arabin verwandten Gummiarten, welcher beim Gummi arabicum circa 3 pCt. beträgt und auch bei dem Bassoragummi etc. nicht fehlt, nunmehr einfach aus den in den Zellen, durch deren gänzliche

Auflösung das Gummi entstanden ist, enthaltenen mineralischen Bestandtheilen, während das Dextrin als activer Stoff sich in seiner chemischen Reinheit behauptet. Selbst der saure Charakter dieser Gummiarten hängt wahrscheinlich mit der ihre Entstehung begleitenden Zersetzung zusammen, und es ist die Frage, ob nicht bereits die Cellulose selbst, schon ehe sie der Deorganisation unterliegt, sich als eine schwache Säure verhält und mit den in derselben vorhandenen mineralischen Basen chemisch verbunden ist.*) Zwar reagirt wenigstens bei Prunus, wie oben bemerkt wurde, das gummierzeugende Gewebe auf Cellulose, gleichwohl ist es wahrscheinlich, dass Zellenwände, welche im Begriff sind, sich in Arabin aufzulösen (gleichsam passiver Zellstoff), chemisch nicht ganz identisch sein werden mit denjenigen Zellenwänden oder Membranschichten, welche sich eben erst aus Dextrin gebildet haben oder fähig sind, in diesen letzteren Stoff zurückverwandelt zu werden (activer Zellstoff), dass also die Dextrin- und Arabin-Metamorphose auch in ihren plastischen Formen einen wenn auch weniger scharf ausgeprägten chemischen Gegensatz bilden.

Ganz besonders spricht sich ein Gegensatz zwischen beiden verwandten Stoffreihen darin aus, dass die des Dextrins in doppelter Richtung, als vor- und rückschreitende, die des Arabins dagegen nur als rückschreitende Metamorphose auftritt, d. h. dass das Dextrin nicht nur durch Entbildung aus dem Zellstoff erzeugt wird, sondern auch und zwar noch regelmässiger in Zellstoff umgewandelt wird, während das Arabin, freilich schon deswegen, weil es nicht als Inhalt der Zelle auftritt, nicht fähig, aufsteigend wieder in Bassorin und Zellstoff überzugehen, d. h. nicht assimilirbar ist. Mit anderen Worten, die Stoffe der Dextrin-Metamorphose bleiben als Material für den Organismus erhalten, durch die Arabin-Metamorphose wird die Substanz der Zellen, selbst wenn die letzteren nicht schon vorher abgestorben waren, dem Gesammtorganismus für immer entzogen und erleiden insofern eine Secretion. —

Mit den gummiartigen Substanzen sind die sogenannten Pectinstoffe verwandt, welche im Fleisch saftiger Früchte und Wurzeln vorkommen und den ausgezogenen Säften derselben, mit Zucker

---

*) Dass die Kieselerde, wo sie in der Zellenwand vorkommt, mit der Cellulose eine chemische Verbindung bildet, stellt Schnizlein als wahrscheinlich dar (Wissensch. Mittheilungen der phys.-mathem. Soc. zu Erlangen, I. Bd. 2. Hft. 1859, p. 74).

oder mit Alkalien gekocht, eine gallertartige Beschaffenheit verleihen, von den Kohlenhydraten aber durch einen grösseren Gehalt an Sauerstoff verschieden sind. Bedenkt man, dass diese Stoffe eine Reihe isomerer Verbindungen bilden, welche mit einer unlöslichen, der Pectose, beginnt, die im unreifen Zustand in den Früchten enthalten ist, — dass dieselbe beim Reifen in das lösliche Pectin übergeht, welches dann gelatinirend zugleich den Charakter einer Säure (Pectinsäure) annimmt, und dass die weiteren Glieder der Reihe an Sättigungscapacität zunehmen in dem Maass, wie sie sich vom Pectin entfernen, so fällt uns ein gewisser Parallelismus mit den Gliedern der Gummireihe auf*), und es liegt die Vermuthung nahe, dass die Pectose durch eine analoge Metamorphose wie das Bassorin aus der Zellenmembran, und daraus das Pectin, ähnlich wie aus dem Bassorin das Arabin oder besser, in Anbetracht, dass die Pectinbildung als eine normale Erscheinung und wahrscheinlich auf der inneren Wand der Zellenmembran stattfindet, das Dextrin hervorgebe.**) —

Der Zucker ist in der Pflanze vorzugsweise im Zelleninhalt gelöst, wird ausserdem in vielen Fällen aus den Zellen ausgesondert; ich halte es aber für nicht unwahrscheinlich, dass auch aus dem Auflösungsprocess von Zellenwänden Zucker hervorgehen kann, z. B. die Manna. Was für diese Vermuthung zu sprechen

*) Es ist jedoch nicht zu übersehen, dass die Pectose nicht wie das Bassorin eine Structur erkennen lässt, und dass die Gallertbeschaffenheit der Pectinstoffe einen ganz anderen Grund hat als die des Bassorins; während nämlich die letztere auf der unvollständigen Deorganisation der Zellenmembranen beruht, also einen Zwischenzustand zwischen dem Festen und Flüssigen darstellt, so tritt der Gallertzustand der Pectinstoffe in einer vollkommen klaren Flüssigkeit auf und besitzt daher durchaus keine Structur.

**) Diese Vermuthung steht im Einklang mit der Erscheinung, dass während des Reifens der Früchte der Gehalt an Cellulose abnimmt, nämlich nach Frémy (Comptes rendus XLVIII, p. 203) vom 16. Juni bis 28. August bei der Winterbirne von 17,7 % bis auf 3,4 %, bei der Sommerbirne von 13,4 % bis auf 3,5 %. Und zwar würde, wenn die Ansicht von Frémy, dass bei den Früchten die äussere Membran der Zellen wesentlich aus Cellulose, die innere Schicht aus einer Pectinsubstanz bestehe, begründet ist, jene Metamorphose der Zellenmembran von innen nach aussen erfolgen, also umgekehrt wie die Umwandlung der Membran in Bassorin, z. B. beim Traganth. Auch Mulder (Physiol. Chemie) nimmt an, dass das Pectin einen Bestandtheil der Zellenwand bilde, jedoch nicht als innere Schicht sondern als incrustirende Substanz (?) die Membran durchdringend und verdickend, bei der Reife entstehend, wobei die vorher undurchsichtigen und festen Zellenwände lose und durchscheinend werden sollen

scheint, ist der Umstand, dass bei derjenigen Entbildung der Zellenwand und des Stärkmehls, welche innerhalb der Zelle beim Keimen stattfindet, ebenfalls der Zucker neben dem Dextrin das Hauptproduct ist, sowie der Zucker auch künstlich, gleich dem Dextrin, aus der Cellulose durch Behandlung mit Säuren etc. dargestellt werden kann, — ferner das Vorkommen von Amylum in der Manna, sowie die tropfenartige, denjenigen Gummiarten, deren Entstehung durch Deorganisation von Gewebsmassen nachgewiesen ist, ähnliche Form der Manna.*)

B. Harz und verwandte Stoffe.

Das Harz kommt in der Pflanze vor entweder innerhalb der Zellen z. B. in den Holzzellen der Nadelhölzer, von Guajacum officinale etc., und ist hier vielleicht aus ätherischem Oel entstanden; — oder als Balsam d. h. Gemisch von Harz mit ätherischem Oel, in den sogenannten Harzgängen und Harzdrüsen zwischen dem Gewebe; nach der gewöhnlichen Ansicht**) soll es sich hier aus den den Kanal bekleidenden Zellen ergiessen, was aber, wie Karsten mit Recht bemerkt, von vornherein nicht wohl zu begreifen ist. Derselbe weist vielmehr nach***), dass das Harz hier durch Umwandlung und Verflüssigung der Membranen der jene Kanäle etc. ursprünglich ausfüllenden Gewebezellen entsteht, wobei zugleich das innerhalb dieser Zellen in kleinen Zellen eingeschlossene ätherische Oel durch Verflüssigung der letzteren frei werden und sich mit dem Harz mischen soll. Auf dieselbe Weise scheinen sich nach meiner Beobachtung die „Striemen" in dem Pericarpium der Umbelliferen und der diese Intercellularräume erfüllende Balsam zu bilden. Hiernach sind die Balsame nicht als unvollständig in Harz verwandelte Oele, sondern als Gemische zweier Stoffe von verschiedenem Ursprung: von Harz als Umwandlungsproduct der Zellenwände und Oel als ursprünglichem Inhalt der aufgelösten

*) Auch Karsten (Bot. Zeit. 1857, p. 320) vermuthet diese Entstehungsweise des Zuckers in manchen Fällen, z. B. im Zuckerrohr, in den Nectarien der Blumen, wenn mir auch gerade für diese Fälle die Ansicht desselben nicht einleuchtend ist.

**) z. B. Schleiden, Grundz. Ed. II. T. I. p. 235.

***) Abh. d. Berliner Akademie 1847, p. 111. Bot. Zeitung 1857, p. 315 ff. Poggendorf's Ann. 1860, No. 4, p. 640.

Zellen zu betrachten. Die sogenannte Verharzung der Balsame beruht wohl eher auf einer Verdunstung des ätherischen Oels in der Luft mit Zurücklassung des Harzes als auf einer Verwandlung des Oeles in Harz; und falls überhaupt eine solche in der Natur durch Oxydation, Wasseraufnahme u. s. w. stattfindet, so werden die auf solche Weise aus ätherischen Oelen hervorgegangenen Harze gewiss auch chemisch von den durch Umwandlung der Zellenwände entstandenen Harzen verschieden sein. Die meisten Harze bilden sich jedenfalls auf diese Weise und ohne Gegenwart und Betheiligung ätherischer Oele. Nach Karsten wird die Masse des Harzes und Balsams noch erhöht durch eine jener Umbildung der Membranen in Harz vorhergehende Neubildung von Zellen in den alten. Endlich findet sich das Harz oder der Balsam in grösseren unregelmässigen Anhäufungen mitten im Gewebe, sei es in bis ins Unbestimmte erweiterten Harzgängen oder an beliebigen anderen Stellen, meistens aus der Oberfläche hervordringend und an der Luft erhärtend. Das Harz entsteht auch hier durch Deorganisation und Umwandlung ganzer Gewebsmassen in Harz. Karsten beschreibt diese Umwandlung in der äussersten Rinde einer Caesalpinia und bei der Entstehung des Harzes im Holz der Fichte. Das Harz, welches an den Wunden angehauener Stämme von Abies pectinata in reichlichen Massen gleichsam hervorquillt, bildet sich nach meiner Beobachtung in folgender Weise. Zunächst erscheint das Gewebe des Holzes und der Rinde mit Balsam getränkt, innerhalb desselben finden sich gangförmige oder drusenartige Harzmassen eingeschlossen, welche, wie man schon bei unmittelbarer Betrachtung aus dem Mangel an scharfer Abgrenzung gegen das benachbarte Gewebe sowie aus dem Umstande, dass das letztere nicht zerrissen sondern in der Richtung der Schichten unverändert ist, erkennt, nicht anderwärts entstanden und hier etwa zwischen das Gewebe ergossen sein können, sondern offenbar an Ort und Stelle selbst durch Umwandlung gewisser Gewebsmassen entstanden sind. Bestimmter ergiebt sich diess aus der mikroskopischen Beobachtung des Uebergangs vom Holzgewebe in die Harzmasse. Innerhalb einer jeden Zelle jenes mit Balsam getränkten Holzes zeigt sich eine Portion Balsam oder Harz als Wandbekleidung oder zum Theil tropfenartig zusammengeflossen, nach und nach ist die ganze Zellenhöhle damit erfüllt. In demselben Maasse nimmt die ursprüngliche Dicke der Zellenwände ab, welche zuletzt als zarte Umrisse sich allmählich in der

structurlosen Harzmasse verlieren. Bei diesem Uebergang zeigt das Harz anfangs noch Spuren des Zellenbaues und namentlich dadurch, dass die länger unverändert bleibenden Markstrahlen sich in die übrigens homogene Harzmasse fortsetzen, Andeutungen des strahligen Gefüges, ja selbst wo alle Structur verschwunden zu sein scheint und die Masse bereits fast ganz durch Alkohol auflöslich ist, erfolgt in derselben durch Chlorzinkjod noch stellenweise eine blaue Färbung zum Beweis, dass der Zellstoff noch nicht vollständig in Harz verwandelt ist. Aehnlich zeigt es sich in der Rinde, wo sowohl das Parenchym als der Hornbast und die Steinzellen an der Harzbildung Theil nehmen. — Auch im Innern des Holzes von Pinus Strobus sieht man das Harz in der Weise auftreten, dass die Wände einzelner Holzzellen oder ganzer Gruppen sich gelb färben und aufquellen und weiterhin zu einer gelben Harzmasse zusammenfliessen, in welcher Anfangs die Zellenumrisse noch undeutlich, zuletzt gar nicht mehr zu erkennen sind. — Denselben Ursprung ist mir für gewisse im Handel vorkommende Harze nachzuweisen gelungen.

Eine unter dem Namen Copalschlacke vorkommende Sorte Copal besteht grösstentheils aus Rindenstücken, welche mehr oder weniger reichlich von Harz durchdrungen sind und Gelegenheit geben, die Entstehung des letzteren zu beobachten. Die Rinde ist mit einer (VII. 13, a. 14) weissen Korkschicht mit verdickten Zellenwänden bedeckt; die Parenchymschicht (VII. 13, b, d.) aus tangential gestreckten derbwandigen Zellen wird durchsetzt von einer weisslichen Schicht (VII. 13, c. 15) von innig zusammenhängenden Steinzellen; die Bastschicht (VII. 13, e. 16) besteht aus sehr genäherten Baststrahlen und diese aus einem dichten, scheinbar homogenen Gewebe (Hornprosenchym, h), welches sich unregelmässig verzweigt, im Ganzen aber peripherische Schichten bildet und in seinen Zwischenräumen unregelmässige Gruppen enger Bastzellen einschliesst. In dieser Rinde tritt das Harz an beliebigen Stellen in grossen und kleinen unregelmässigen Massen auf, von Rindengewebe umschlossen, oder dasselbe überwiegt über das letztere so, dass in der reichlichen Harzmasse grössere oder kleinere Partieen von Zellgewebe eingeschlossen liegen (VII. 17. 18). An dünnen Schnitten erkennt man unter dem Mikroskop an manchen Stellen einen deutlichen Uebergang des Gewebes in das amorphe Harz, indem sogar das bereits als solches fertige Harz noch bestimmte Spuren des zelligen Baues zeigt. Es ist kein

Zweifel, dass das Harz durch Umwandlung und Verflüssigung ganzer Portionen von Rindensubstanz entstanden ist, und zwar, wie es scheint, ohne eine besondere Beziehung zu bestimmten Gewebsarten der Rinde.

Das in südlichen Gegenden aus den Epheustämmen ausgeschiedene Harz kommt bekanntlich im Handel in Stücken vor, welche neben dem Harz aus einer meist überwiegenden Menge von Pflanzensubstanz bestehen. Letzteres beruht aber keineswegs auf einer mechanischen Vermengung, wie die Pharmakognosten angeben *), sondern auf einer unvollständigen Umwandlung der Rinde in Harz. Diess kann man schon aus der Art und Weise erkennen, wie sich Harz und Zellgewebe durchdringen. Noch deutlicher wird diess bei der mikroskopischen Betrachtung durch den allmählichen Uebergang des Rindengewebes in die Harzmasse. Auch hier nehmen verschiedene Gewebsarten an der Metamorphose Theil. Ich beobachtete diess bei der aus Zellen, die auf ihrer inneren Wand sehr stark, auf der äusseren fast gar nicht verdickt, daher eine kleine excentrische Höhle besitzen, bestehenden Korkschicht (VII. 10), — welche in die homogene, die Oberfläche bedeckende Harzmasse (r) allmählich übergeht, — ferner bei dem dichten, fast homogenen, nur mit linienförmig gekrümmten Höhlen gezeichneten Gewebe (Hornbast, VII. 12), welches die Bastbündel umfliesst, und welches stellenweise durch Harzmassen vertreten wird, die, zum Theil noch mit derselben Structur wie jenes versehen, allmählich in dasselbe übergehen. Endlich zeigte sich diess bei einem aus polyedrischen, stark und excentrisch verdickten Zellen bestehenden Gewebe (VII. 11); die Membran dieser Zellen, hier noch farblos und durch Chlorzinkjodlösung als Cellulose erkennbar, erscheint dort bereits gelb gefärbt; weiterhin werden die Umrisse weniger scharf, die Höhle verengt sich bis zum Verschwinden, und zuletzt ist die gelbe homogene Harzmasse (r) fertig. — Das Vorkommen einer gewissen Menge von Gummi als Bestandtheil des Epheuharzes deutet darauf hin, dass die Zellenwände an manchen Stellen eine Metamorphose nach einer andern Richtung in Gummi erfahren mögen.

Einen besonders lehrreichen Fall liefert das als „Resina Xantorrhoeae rubra“ oder „Gummi Nut“ in den Handel kommende rubinrothe Harz von Xantorrhoea arborea und australis. Die

*) „Conglomerat von Harz, Gummi und Rindenstücken“, Schleiden, Pharmakognosie, p. 456.

Stücke werden zum Theil von einem weisslichen, zerreiblichen Rindenparenchym bedeckt und nach innen zu von einem körnigen Gewebe unregelmässig-schichtenartig durchsetzt. Verfolgt man unter dem Mikroskop den Uebergang zwischen diesem Gewebe in die angrenzende Harzmasse, so kann man folgende Stufen einer allmählichen Umwandlung unterscheiden: 1) Zellen mit stark verdickten, porösen, fast farblosen Wänden, ohne Inhalt, 2) die Zellenwand gelb, nach innen mit einer braunen, die Höhle nicht ausfüllenden Harzmasse ganz oder stellenweis ausgekleidet, 3) die Zellenwand verdickt, braun, die Höhle mit Harz ausgefüllt, 4) eine homogene, aber auf dem Bruch nicht glasige Harzmasse, die sich aber durch Alkohol maceriren lässt, so dass nach der Auflösung des Harzes ein parenchymatisches Gewebe von dünnwandigen Zellen übrig bleibt, 5) eine homogene Harzmasse von glasigem Bruch, durch Weingeist ohne Rückstand löslich. Es geht hieraus hervor, dass das Harz sich nicht als ausgeschiedene Masse zwischen dem Zellgewebe ablagert, sondern dass es an derselben Stelle, wo es sich findet, auch entstanden ist, — dass die Erzeugung desselben innerhalb der Zellen beginnt, aber nicht sowohl aus dem Inhalt als auf Kosten der Zellenwände, deren Dicke von innen nach aussen allmählich in demselben Maasse abnimmt und zuletzt verschwindet, wie die Harzausfüllung der Höhle zunimmt. Auch wird bereits durch die von innen nach aussen die Zellenwand durchdringende gelbe und dann braunrothe Färbung eine allmähliche Umwandlung derselben in Harz angedeutet. — Dieselbe Ansicht gewährt das an den Schuppen derselben Bäume entstehende Harz.

Wie bei den oben beschriebenen so verhält es sich ohne Zweifel mit dem Ursprung aller übrigen Harze, welche sich in kleineren oder grösseren Massen in dem Pflanzengewebe scheinbar abgelagert finden oder aus der Oberfläche herausfliessen und in Tropfenform erhärten. Nur bei dem durch die Lackschildlaus hervorgerufenen Stocklack, welcher sich nicht sowohl als ausgeschiedene Harzmasse denn vielmehr als die durch abnormen Harzreichthum zu einer dicken, nach aussen warzig hervortretenden Kruste angeschwollene Rinde selbst zeigt, scheint mir diese innere Harzanhäufung nicht auf einer Umwandlung von Zellenwänden, wenigstens nicht in der oben beschriebenen Weise, noch weniger aber in einer Absonderung des Harzes aus den Zellen, sondern darin ihren Grund zu haben, dass gewisse auch in der nor-

malen Rinde ausserhalb des Bastes befindliche grössere rundliche mit Harz erfüllte Zellen in Folge des Insectenstiches sich in grösserer Masse ausbilden.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen ergiebt sich, dass die Erzeugung der Harze im Pflanzenkörper vorzugsweise auf einer mit Verflüssigung und Deorganisation verbundenen chemischen Umwandlung der Zellenmembran beruht. Und zwar beginnt in den genauer untersuchten Fällen diese Umwandlung, abweichend von der Arabin-Metamorphose, auf der inneren Wand der Zelle, nach aussen fortschreitend, was darauf hinzudeuten scheint, dass der Process nicht sowohl durch eine Ursache von aussen als durch den Einfluss der Zellenthätigkeit selbst hervorgerufen wird, womit jedoch nicht im Widerspruch steht, dass derselbe im Wesentlichen eine Zersetzung in Folge des erlöschenden Lebens ist. In vielen Fällen wenigstens, namentlich wo die Harzbildung in abnormer Weise als Harzfluss in der Rinde oder als Kienkrankheit im Holz auftritt, scheinen die betreffenden Zellen bereits abgestorben zu sein, indem Stöcke und Wurzeln von alten gefällten Kiefern, nachdem sie viele (zuweilen einige hundert) Jahre in der Erde verborgen waren, am häufigsten und reichlichsten Kienholz liefern*), — während die normale Harzbildung in den eine bestimmte Anordnung zeigenden Harzgängen auf einen gewissen Einfluss des Pflanzenlebens schliessen lässt.

Ob ausserdem nach der gewöhnlichen Ansicht auch Harzbildung in der Pflanze durch Oxydation etc. ätherischer Oele stattfindet (wohin vielleicht das Vorkommen von Harz als Inhalt mancher Zellen sowie ein Theil des Harzgehaltes der Balsame gehören würden), bedarf genauerer Nachweisung. Jedenfalls ist zu vermuthen, dass wenn beide Arten der Harzerzeugung durch Umwandlung der Cellulose und der ätherischen Oele stattfinden, zwischen Harzen von so physiologisch-verschiedener Bedeutung sich auch bestimmte chemische Unterschiede ergeben werden, sobald die Harze einer genaueren chemischen Untersuchung als bisher unterworfen werden.

Worauf es uns vor Allem ankommt, ist die Feststellung der Thatsache, dass, soweit die Untersuchungen über die Entstehung der Harze reichen, keine einzige Erscheinung vorliegt, welche zur Annahme einer Absonderung von Harz aus geschlossenen Zellen

*) Meyen, Pflanzenpathologie p. 240.

bestimmte Veranlassung gäbe. Wo sich Harzmassen zwischen dem Zellgewebe finden, sind dieselben nachweislich aus untergegangenen Zellen entstanden; eine Ausschwitzung von Harz durch die Zellenwand ist überhaupt undenkbar, weil diess einen Zustand der Auflösung des Harzes voraussetzen würde, welcher innerhalb der Pflanze nicht stattfindet; höchstens liesse sich denken, dass ätherische Oele als solche aus der Zelle abgeschieden und erst ausserhalb in Harz verwandelt werden.

Das Wachs kommt theils im Inhalt der Zellen (wo es wahrscheinlich aus Stärkmehl gebildet wird), theils als abwischbarer „Reif" mancher Früchte und Blätter, theils als homogener Ueberzug auf der Oberfläche der Gewächse vor. Die Entstehungsweise der den „Reif" bildenden Wachskörnchen ist noch nicht erklärt, dass aber jener homogene Ueberzug, welcher die Unnetzbarkeit der Oberfläche der Pflanze bedingt, nicht wie Schleiden*) annimmt, aus den Epidermiszellen „ausgeschwitzt" wird, sondern wahrscheinlich auf einer theilweisen Umwandlung der Cuticula in Harz oder Wachs beruht, habe ich bereits früher nachgewiesen**). Noch evidenter geht die Umwandlung des Zellstoffes in Wachs aus den Beobachtungen Karsten's an einer Palme, Klopstockia, bei welcher die ganze Epidermis in heissem Alkohol löslich ist***), und an den Früchten der Myrica caracasana, deren Cuticula sich ganz in Wachs verwandelt†), hervor. Dasselbe gilt ohne Zweifel auch für die reichliche Wachsbildung an der äusseren Rinde der Wachspalme. Die Umwandlung der Zellenwand schreitet hier zum Unterschied von der Harzbildung von aussen nach innen fort. Das Wachs dieser Palmen enthält übrigens nach Boussingault und Karsten zugleich Harz, und zwar wird nach Karsten††) zuerst das letztere gebildet und erst durch den Einfluss der Athmosphäre in Wachs verwandelt.

Auch ist hier zu erwähnen, dass Frémy†††) als Grundlage der durch Maceration isolirten Cuticula einen eignen Stoff, „Cutine", nachgewiesen hat, welcher sich sowohl durch seine Zusammen-

*) Grundzüge d. wissensch. Bot. Ed. II. B. I. p. 186.
**) Bot. Zeitung 1850, p. 426.
***) Abhandl. der Berl. Acad. 1847, p. 111.
†) Bot. Zeitung 1857, p. 314.
††) Poggendorf's Ann. 1860, No. 4.
†††) Ann. des sc. nat. 1859, p. 336.

setzung als durch sein Verhalten gegen Salpetersäure (Bildung von Korksäure) und gegen Alkalien (Verseifung) den Fettsubstanzen anzuschliessen scheint.

Dass auch das Viscin in den Beeren der Mistel durch Auflösung der Zellenwände entsteht, ist unzweifelhaft. Auf dieselbe Weise erklärt Schleiden*) die Viscinbildung im Fruchtboden von Atractylis gummifera, sowie die Proscolle bei den Orchideen und den Stoff, durch welchen bei den Orchideen, Onagrarieen etc. der Pollen zusammengehalten wird. Der klebrige Stoff am Stengel von Lychnis Viscaria unterhalb eines jeden Knotens scheint dagegen ein Absonderungsproduct aus gewissen über die Epidermis etwas hervortretenden kugeligen Drüsenzellen zu sein, falls nicht etwa auch hier eine chemische Umwandlung der Membran dieser Zellen von aussen her stattfindet.

C. Intercellularsubstanz und Cuticula.

Von diesen beiden Structurverhältnissen der Pflanze, zu deren Erklärung man früher fast allgemein die Secretion einer nachher erhärtenden Substanz aus der Zelle annahm, glaube ich nachgewiesen zu haben*), dass sie lediglich auf einer chemischen und anatomischen Modification der Zellenwände selbst oder der Mutterzellenwände beruhen, und dass für die Annahme einer Secretionsfähigkeit der Zelle von dieser Seite her durchaus keine Veranlassung vorliegt. Es gereicht mir zur Befriedigung, dass diese vielfach angefochtene Ansicht allmählich immer mehr Eingang findet. Insbesondere sind seit meinen letzten Mittheilungen über diesen Gegenstand**) zwei gewichtige Gegner im Wesentlichen auf meine Seite getreten. H. v. Mohl, welcher zwar schon vor mir in einigen Punkten die richtige Auffassung vertreten, gleichwohl auch nach meiner ersten Untersuchung die Ansicht von einer die Zwischenräume zwischen den Zellen in manchen Fällen (Fucoideen, Nostochinen, Corticalschicht vieler Flechten, im Albumen mancher Leguminosen, zwischen den Holzzellen und in der Rinde) ausfüllenden, von den Zellen auf ihrer äusseren Fläche ausgeschiedenen

*) Grundz. der Bot. 2. Aufl. I. p. 194. II. 294.

**) Intercellularsubstanz und Cuticula. 1850.

***) Bot. Untersuchungen 1854, p. 67.

Intercellularsubstanz festgehalten hatte*), hat sich in der Folge**) für die Entstehung dieser Substanz durch Verwandlung der äusseren Zellschichten in eine mehr oder weniger structurlose Gallerte, unter anderen bei den genannten Algen und dem Albumen der Leguminosen, ausgesprochen und scheint dabei wohl auch die übrigen nicht genannten aber ganz analogen Fälle, z. B. das Holz etc., im Sinn zu haben.

Auch in Beziehung auf die Cuticula hat Mohl, nachdem er im Jahre 1849***) vermuthungsweise, später†) jedoch ganz bestimmt die Ansicht von einer von der Zellenwand und den durch letztere gebildeten „Cuticularschichten" unabhängigen, auf der äusseren Seite derselben abgesonderten, bald dünnen, bald sehr dicken „eigentlichen Cuticula" aufgestellt hatte, neuerdings diese Ansicht insofern aufgegeben, als er für die eigentliche Cuticula dasselbe Verhalten gegen das polarisirte Licht wie für die Cuticularschichten und demgemäss ein gleiches Verhältniss beider zur reinen Cellulose nachweist††), und indem überdiess die beigefügte Abbildung der Epidermis von Aloe obliqua die äusserste (früher als „eigentliche Cuticula" bezeichnete) Schicht als die primäre Membran der Epidermiszellen erkennen lässt.

Ebenso gab Schacht, in seiner „Pflanzenzelle" (1852) der eifrigste Bekämpfer meiner Ansichten und Vertheidiger der Absonderungsnatur für Intercellularsubstanz und Cuticula, in Folge neuer durch meine Entgegnung veranlasster Untersuchungen diese Ansicht wenigstens für die erstere auf, indem er sich von der ursprünglichen Cellulosenatur der Intercellularsubstanz überzeugte und deren Ursprung aus einer Desorganisation („Zersetzung") früherer Zellenmembranen ableitete.†††) Dass er hierfür nicht wie ich die äusseren Schichten der Wände von den Zellen selbst sondern die Membranen der untergegangenen Mutterzellen annimmt, ist für die vorliegende Frage gleichgiltig. Auch die Exine des Pollenkorns erklärt Schacht nicht mehr durch Secretion sondern durch Umwandlung von Schichten der Zellenmembran*†), wogegen von ihm für die Cuticula im

*) Grundz. der Anat. und Physiologie, 1851, p. 37.

**) Bot. Zeitung 1857, p. 42.

***) Bot. Zeitung 1849, p. 596.

†) Grundz. der Anat. und Physiologie, p. 40.

††) Bot. Zeitung 1858, p. 11. Tab. I. Fig. 7.

†††) Lehrb. der Anat. und Physiologie, I. p. 108 ff.

*†) Diese Jahrbücher, II. p. 135. — Schacht, Lehrbuch II. p. 358.

Allgemeinen die Erklärung durch Secretion mit unbegreiflicher Inconsequenz und trotz des Mangels an Beweisen festgehalten wird.*)

Unter diesen Umständen scheint es mir ausser Zweifel zu sein, dass auch die Bildung der Cuticula und der Intercellularsubstanz nicht auf einer Secretion sondern der Anlage nach auf der reinen Zellenmembran und weiterhin auf einer eigenthümlichen Modification derselben beruht. Was zunächst die Erscheinung der genannten Structurverhältnisse hervorruft, ist in den meisten Fällen eine auf gewisse einzelne Stellen sich beschränkende oder daselbst vorherrschende secundäre Verdickung der Zellenwände, — nächstdem aber eine in Folge einer annähernd vollständigen Verschmelzung der secundären Schichten mehr oder weniger vollkommene Homogenität dieser partiellen Verdickungsmassen. Nur insofern nachgewiesen würde, dass dieser Mangel der bei verdickten Membranen sonst gewöhnlichen Structur erst auf einer nachträglichen Verschmelzung beruhe, könnte diese Erscheinung als eine theilweise Verflüssigung und Deorganisation der Zellenwand mit den übrigen im Obigen betrachteten Erscheinungen dieser Art zusammengestellt werden. Hierzu kommt eine weitere Metamorphose, wodurch die wahre Bedeutung der Intercellularsubstanz und der Cuticula als blosse Formen der Zellenwand in der Regel noch mehr verhüllt wird. Diese „Cuticularmetamorphose", welche im Wesentlichen mit dem Verholzungsprocess gleichbedeutend zu sein scheint, besteht nun einerseits in einer Modification der Zellenwand in ihrer physikalischen Beschaffenheit (nämlich in grösserem Widerstand gegen die auflösende Wirkung der Säuren und gegen die Blaufärbung durch Jod und Schwefelsäure)**), andrerseits in einer Infiltration mit einer fremden Substanz, in Folge deren die Zellenwand durch Jod oder Salpetersäure braun gefärbt wird. Beide Factoren dieser Metamorphose sind von einander unabhängig und nicht immer mit einander verbunden, der eine Factor, die physikalische Modification, geht der zeitlichen Entwickelung nach im Allgemeinen der chemischen Veränderung voran. Die erstere wird zunächst wahrscheinlich nur durch das von innen nach aussen zunehmende Alter der Schichten der einzelnen Zellenwand be-

*) „Der Baum", 2. Aufl. p. 22.

**) Hofmeister ist es gelungen, in der äussersten von den „Cuticularschichten" durch Maceration ablösbaren „Cuticula im engsten Sinne" durch fort-



dingt, während die andere in einer aus dem Zelleninhalt ausgeschiedenen, die Wand durchdringenden Flüssigkeit begründet ist, falls nicht etwa der die Cuticula durchdringende, von der Cellulose verschiedene Stoff auf einer chemischen Metamorphose der letzteren selbst beruht (vergl. oben p. 169). Für beide Factoren, obgleich sie zunächst in dem Leben der einzelnen Zelle beruhen, macht sich, wenigstens bei der Cuticula, in zweiter Linie wahrscheinlich noch ein Einfluss von aussen geltend, welcher hier durch die Lage der nur mit der Aussenwand der Athmosphäre ausgesetzten Epidermiszellen bestimmt wird.*)

D. Allgemeine Ergebnisse.

Znm Schluss fassen wir die Hauptresultate der vorstehenden Untersuchung in folgenden Sätzen zusammen.

1. Während im Pflanzenkörper gewisse Gewebe, nachdem ihre Lebensthätigkeit erloschen und ihr flüssiger Inhalt verschwunden ist, mit ihren unveränderten Zellenwänden als in Ruhestand versetzte Bestandtheile während des ganzen Daseins des Pflanzenindividuums verharren, ist es andrerseits eine weit verbreitete Erscheinung, dass gewisse andere Zellengruppen vollständig untergehen und als solche verschwinden, dadurch dass ihre Zellenwände (in gewissen Fällen auch die eingeschlossenen Amylum-Körner) verflüssigt und mit Aufgeben ihrer Form als Membran in eine structurlose Masse verwandelt werden, welche entweder als solche innerhalb des Gewebes abgelagert wird oder nach aussen ausfliesst, oder vollständig aufgelöst und von den lebenden Zellen resorbirt wird.

2. Mit dieser Formveränderung oder Deorganisation der Zellenmembran ist aber stets eine chemische Umwandlung verbunden, oder vielmehr die letztere bedingt die erstere, so dass niemals eine Deorganisation ohne chemische Veränderung, wohl aber häufig die letztere bei unveränderter Form stattfindet. Diese chemische Umwandlung ist jedoch nicht eine allen Fällen gemeinsame,

---

gesetzte Maceration Cellulose nachzuweisen. Berichte über die Verh. der k. sächs. Ges. 1858. X. p. 21.

*) Ausführlicher findet sich das Wesen der Cuticularmetamorphose, namentlich die Beziehungen der verschiedenen Factoren derselben zu einander, dargestellt in meiner Schrift: „Intercellularsubstanz und Cuticula" p. 100.

sondern sie erfolgt nach verschiedenen Richtungen und liefert demnach ungleiche Producte.

Die bis jetzt bekannten Arten der Veränderung, welche die Zellenwand in der Natur ihres Stoffes erleiden kann, sind:

a) die Dextrin-Metamorphose,
b) die Arabin-Metamorphose,
c) die Harz-Metamorphose,
d) die Wachs-Metamorphose,
e) die Viscin-Metamorphose,
f) die Cuticular-Metamorphose, wohin vielleicht auch die Verholzung und Verkorkung der Cellulose gehört.

Noch nicht bestimmt nachgewiesen ist:

g) die Pectin-Metamorphose,
h) die Zucker-Metamorphose,
i) die Oel-Metamorphose*)

und endlich diejenigen Fälle von Auflösung der Zellenwand, deren chemischer Charakter noch nicht bestimmt ermittelt ist, z. B. die Auflösung der Mutterzellenwände, die Vermoderung und die Fäulnis.

3. Physiologisch am wichtigsten erscheint die Dextrin-Metamorphose, weil auf ihr nicht nur eine Entbildung sondern auch die Bildung der Zellenwand beruht, und weil sie als eine durchaus normale, in keiner Zelle fehlende Lebensäusserung erscheint, während die übrigen nur den Entbildungsprocess vermitteln und normal nur in gewissen Zellen oder zufällig nur unter gewissen Umständen auftreten. Ueber den Antheil, welchen das Zellenleben an diesen letzteren chemischen Veränderungen hat, lässt sich bis jetzt weder etwas Allgemeines noch etwas Bestimmtes sagen. Die Viscin- und Pectinbildung gehört jedenfalls dem normalen Pflanzenleben an, eben so sicher steht die Vermoderung und Fäulnis ausserhalb der organischen Thätigkeit, die Arabin-, Harz- und Wachs-Metamorphose werden wahrscheinlich durch ein Erlöschen der Zellenthätigkeit bedingt. Gleichwohl muss die letztere wenigstens insofern einen Einfluss üben, als der Charakter, gleichsam

*) Die einzige Andeutung, dass die Zellenwand sich auch in fettes Oel umwandeln könne, rührt von Seiten der Chemie her, indem Blondeau de Carolles glaubt, dass die Fettbildung in den Oliven auf einer Zersetzung der Holzfaser und der Gerbsäure beruhe. L'institut 1849, p. 194.

die Richtung der Metamorphose (ob Harz oder Gummi) dadurch bestimmt wird. Namentlich gilt diess für die Harzerzeugung, bei welcher, wie es scheint, die Umwandlung der Zellenwand immer von innen beginnend nach aussen fortschreitet, und wo zugleich die chemische Veränderung bedeutender ist als bei der Gummi-Metamorphose, in welcher der Zellstoff in der Elementarzusammensetzung nicht geändert wird, und welche, soviel bis jetzt bekannt ist, die Zellenwand von aussen her durchdringt.

Von besonderem physiologischen Interesse ist die Frage, in wie fern bestimmte Gewebe ausschliesslich oder vorzugsweise jener Umwandlung unterworfen sind? Nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen giebt es zwar gewisse Gewebsarten, welche bei den betreffenden Pflanzen sich vor den übrigen durch die Neigung zur Deorganisation auszeichnen wie die Markstrahlen und das Mark bei Astragalus, das steinige Holzparenchym bei Prunus, namentlich das Hornbastgewebe bei Prunus und vielen anderen Pflanzen, bei den Umbelliferen zugleich das Mark, bei den Coniferen das Holz. Andererseits giebt es jedoch keine Gewebsart, welche regelmässig jene Veränderung erlitte, und eben so wenig eine, welche ein für allemal und bei allen Pflanzen von derselben unberührt bliebe, im Gegentheil haben wir sowohl bei der Gummials bei der Harzbildung gesehen, dass oft die verschiedenartigsten Structur-Elemente einer Pflanze gleichzeitig an der Metamorphose Theil nehmen. Es ist diess ein weiterer Beweis für die Ansicht, dass die Deorganisation ein Schicksal ist, welchem die Zellenmembran an und für sich unter gewissen Umständen unterworfen ist, und dass dabei das Leben der Zelle nur in sehr untergeordneter Weise in Betracht kommt.

Die Metamorphose selbst kann man sich aber auf zweierlei Weise vorstellen, entweder als eine reale chemische Umwandlung der Cellulose in Harz etc., oder so dass in der in einem beständigen Stoffwechsel begriffenen Zellenwand die Zellstoff-Molecule nach und nach verschwinden und durch die im Inhalt erzeugten Harz-Molecule ersetzt werden. Nach der ersteren Ansicht erleidet der Stoff selbst, nach der anderen der Process der Stoffbildung eine Metamorphose. Die erstere setzt mehr einen passiven Zustand der Zellenwand, die zweite dagegen eine fortdauernde, nur nach einer anderen Richtung abgelenkte Thätigkeit und Beweglichkeit des Inhaltes sowohl als der Membran der Zelle voraus, und hat die grössere Wahrscheinlichkeit besonders in denjenigen Fällen für sich,

in welchen wie bei der Harzbildung das Product der Metamorphose sich chemisch sehr heterogen gegenüber der Cellulose verhält, während die Annahme einer substanziellen Umwandlung da näher liegt, wo es wie z. B. das Arabin sich vom Zellstoff fast nur relativ, gewissermaassen nur durch den Aggregatzustand unterscheidet. Die eigentiche Beantwortung dieser Frage setzt namentlich eine genauere Erforschung der in Betracht kommenden Stoffe durch die Chemie voraus.*)

4. Schliessich ergiebt sich aus dem Mitgetheilten eine schärfere und richtigere Begrenzung für den in der Pflanzenphysiologie gangbaren Begriff: Secretion. Im weiteren Sinne kann man diesen Begriff allerdings, wie diess besonders von den älteren Pflanzenphysiologen zu geschehen pflegte, auf alle diejenigen Erscheinungen ausdehnen, wo gewisse Theile des Pflanzenkörpers aus dem Lebensverbande des gesammten Organismus ausgeschieden werden. Alsdann muss man hierher nicht nur die aus der freien Oberfläche gewisser Zellen ausgesonderten Stoffe rechnen, sondern auch die Auflösungsproducte ganzer Zellen, ja sogar solche Zellen oder Gewebe, welche durch Erlöschen ihrer Thätigkeit und Verschwinden

*) Karsten's (Bot. Zeitung 1857, p. 321) Einwurf gegen die Substitutionshypothese, dass die Substanzen, welche den Zellstoff ersetzen, nicht in der das Pflanzengewebe tränkenden Flüssigkeit aufgelöst seien, ist nicht entscheidend, indem ja auch bei der gewöhnlichen Assimilation der Zellstoff selbst eben so wenig in dem Zellsaft aufgelöst ist, sondern erst in dem Moment sich bildet, in welchem er in der Wand abgelagert wird. Dagegen macht sich dieser Einwurf gerade gegenüber Karsten's Auffassungsweise geltend. Nach demselben „ist die Bildung des Wachses in der Zellenmembran allein durch das der letzteren innewohnende Vermögen zu erklären, aus dem Nahrungssafte, mit dem sie getränkt ist, dasjenige zu assimiliren, mit demjenigen Theile desselben sich chemisch zu verbinden, der geeignet ist, mit ihrer Substanz ein ihrer Natur und ihrer Bedeutung für den Pflanzenkörper entsprechendes Product hervorzubringen“ (Abh. der Berliner Akad. 1847, p. 111). Ebenso schreibt Karsten die Entstehung des Harzes, Gummis etc. der assimilirenden Thätigkeit der Zellenmembran zu. „Es ist derselbe Process, wie der der Assimilation der unorganischen Stoffe im Allgemeinen, in Folge dessen die Zellenmembran verhärtet oder verflüssigt wird, während in das Innere der Zelle der ausgeschiedene Antheil der neuen Verbindung eindringt und hier zur Entstehung neuer organisirter Formen Veranlassung giebt, deren oft rasch beendete Entfaltung ohne Zweifel die fernere Umbildung des organisch gewordenen Stoffes bezweckt und ihn zur Entstehung hoher organisirter Formen befähigt.“ Bot. Zeitung 1857, p. 321. Ich gestehe, dass ich mir nach diesen Darlegungen keine klare Vorstellung von der Ansicht Karsten's zu bilden vermag.

ihres flüssigen Inhaltes, übrigens unversehrt, gleichsam in Ruhestand versetzt werden (Kork, Borke, Mark etc.). Von einem anderen Gesichtspunkt hat man (namentlich Schleiden) auch sämmtliche selbst in lebendigen Zellen enthaltenen Stoffe, welche nicht unmittelbar dem Assimilationsprocess dienen oder zu dienen scheinen (Harze, Farbstoffe, Gerbstoff, Alkaloide, Krystalle etc.), als Secretionsproducte bezeichnet. Verstehen wir aber unter Secretion eine Ausscheidung aus dem Organismus, so müssen wir gemäss unserer gegenwärtigen Auffassung des letzteren, wonach die ganze Pflanze ihrer physiologischen Bedeutung nach nichts ist als die Summe ihrer Zellen und die einzelne Zelle den Organismus selbst darstellt, den Begriff Secretion auf diejenigen Processe beschränken, wodurch gewisse Stoffe aus den Zellen durch die geschlossene Membran nach aussen abgeschieden werden. Selbst in der Thier-Physiologie, aus welcher man den Begriff Secretion ursprünglich für die Pflanze entlehnt hat, zeigt sich das Bestreben, denselben immer mehr auf eine Ausscheidung wirklicher Flüssigkeiten durch geschlossene Membranen vermittelst der Diffusion (Schweiss, Harn, Absonderung) zu beschränken, während die Erzeugung des Eiters, der Milch, der Galle, des Schleims diesen Namen in Zukunft nicht mehr führen werden, — wie vielmehr in der Pflanze, wo die Zelle der einzige Sitz der Lebensthätigkeit ist?

Fassen wir nun die Secretion in diesem strengen Sinne auf, so findet, wie wir gesehen haben, für die meisten derjenigen Stoffe, deren Entstehung man bisher auf diese Weise erklärte, nämlich für das Arabin, Bassorin, Pectin, Harz, Balsam, Gummiharze, Viscin, Cuticula, Intercellularsubstanz sowie nach Mirbel, Reisseck und Schacht für die eigentlichen Milchsäfte, eine Secretion nicht statt. Vielmehr werden diese Stoffe entweder durch Umwandlung der Zellenwand oder innerhalb dieser Zellen erzeugt und bleiben in diesem Falle entweder innerhalb der Zellenhöhle eingeschlossen oder werden erst durch Auflösung der Wand frei.*)

Obgleich diese Ansicht sich nur auf die Nachweisung ein-

*) Die Bedeutung als Auswurfsstoffe in jenem weiteren Sinn der Secretion erhalten diese Stoffe, falls nicht die betreffenden Zellen schon vorher abgestorben waren, durch die Umwandlung der Membran nur insofern, als mit der letzteren zugleich eine Formveränderung, eine Verflüssigung verbunden ist und somit die Integrität der Zellen aufgehoben wird. Die Bildung des Bassorins gestattet noch eine Fortdauer des Zellenlebens, so lange dieser Stoff eine geschlossene Zellenwand bildet, wie wir an den normalen Bassorinzellen sehen.

zelner Fälle gründet, so können wir uns doch allgemein dahin aussprechen, dass überhaupt eine Secretion in unserem Sinne nur für solche Stoffe denkbar ist, welche geeignet sind, die Zellenwand auf dem Weg der Diffusion zu durchdringen, also für gasförmige, flüssige oder in Wasser vollkommen auflösliche.

Wenn hiernach das Gebiet der Secretionserscheinungen wesentlich beschränkt ist, so soll damit zwar keineswegs die Erscheinung im Allgemeinen geleugnet werden, aber in zweifelhaften Fällen hat die Frage: ob ein gewisser Stoff durch Secretion entstanden sei? jetzt einen wesentlich anderen Stand als früher. Während nämlich bisher die Secretion in der Pflanzenphysiologie ein solches Ansehen genoss, dass es gestattet war, irgend eine Substanz, welche ausserhalb der lebendigen Zellen zu liegen schien, für ein Secretionsproduct zu erklären, ohne sich im Geringsten gedrungen zu fühlen, den Beweis auch nur zu versuchen**), so wird es in Zukunft (und es ist ein Hauptzweck der vorstehenden Blätter, diese Forderung geltend zu machen) nicht nur unerlässlich sein, die behauptete Absonderungs-Natur eines Stoffes zu begründen, sondern der Umstand, dass sich alle diejenigen bisher dafür gehaltenen Stoffe, welche genauer untersucht worden sind, darunter namentlich auch das auflösliche Gummi, als nicht secernirt herausgestellt haben, macht es, so lange ein bestimmter Nachweis nicht geliefert worden ist, wenigstens für alle nicht gasförmigen oder wässerig-flüssigen Stoffe, durch Analogie von vornherein wahrscheinlich, dass auch für sie eine Secretion nicht anzunehmen sei.

Im April 1861.

Erst die vollendete Deorganisation macht dem Leben der Zelle nothwendig ein Ende.

**) Der Begriff Secretion war bisher in der Pflanzenphysiologie eins jener Schlagwörter, wie sie auch in anderen Wissenschaften zu gewissen Zeiten geläufig waren, zum Theil noch sind, wie in der Morphologie der „Abortus" und die „Verwachsung", auf dem Gebiete der mikroskopischen Organismen „die Infusionsthierchen", in der Physiologie „die Lebenskraft", in der materialistischen Psychologie „die Molecularkräfte" u. s. w., — Erklärungsweisen, welche gegenüber aller sonstigen Naturforschung das auffallende Privilegium geniessen, dass man sich die Nachweisung ihrer Giltigkeit ersparen darf, — oder wenigstens bequeme Auskunftsmittel, um Naturerscheinungen, die sich in die bisher erkannten Gesetze nicht unmittelbar fügen wollen, vorläufig unterzubringen und zu erklären, was aber dadurch bedenklich wird, dass man sich einbildet, eine wirkliche Erklärung gegeben zu haben, und dadurch der Forschung die Frage entzieht.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. V.

1. Durchschnitt durch den Blättertraganth.
2. Durchschnitt durch den syrischen Traganth.
3. Durchschnitt durch das Gummi Kutera.
4. Durchschnitt durch das Gummi Bassora.

5—18. Prunus avium.

5. Querschnitt aus dem Holz, ein Stück einer Jahresschicht, von Markstrahlen durchsetzt, zwischen je zwei Markstrahlen ein Gummibehälter g.

6. Dasselbe auf dem radialen Längsschnitt; die dunkeln Längslinien die Gefässe.

7. Querschnitt eines Gummibehälters aus Fig. 5. mit dem umgebenden Gewebe vergrössert. rm, die benachbarten Theile der den Holzstrahl begrenzenden Markstrahlen. Von dem normalen Holzgewebe aus Holzzellen und Gefässen eingeschlossen die Gruppe von derbwandigen amylumhaltigen Parenchymzellen p, deren mittlerer Theil sich allmählich in die homogene Gummimasse g auflöst.

8. Querschnitt durch eine Zweigrinde, mit Periderma, Parenchymschicht und schlängelig-strahliger Bastschicht.

9. Querschnitt durch eine Stammrinde. Mehrere Periderma-Schichten; die Baststrahlen mit zickzackartigem Verlauf; die Bastbündel in denselben (durch die dunkleren Punkte dargestellt) liegen im Allgemeinen in concentrischen Strängen.

10. Ein Querschnitt aus Fig. 8. vergrössert, aus der äusseren Partie der Bastschicht, da wo die Markstrahlen in die Parenchymschicht übergehen; Bastzellen vereinzelt von Hornprosenchym umgeben.

11. Ein Stück eines Baststrahles mit angrenzenden Markstrahlen rm aus dem inneren Theil der Stammrinde Fig. 9., b gewöhnliche Bastzellen; b' grössere isolirte, zum Theil horizontal verlaufende Bastzellen; p Parenchymzellen innerhalb des reichlichen Hornbastes h; x eine Krystalldruse.

12. Zellen aus der cambialen Region des Baststrahles.

13. 14. 15. Die weitere Umbildung der Cambiumzellen in das Hornprosenchym darstellend.

16. Eine etwas andere Form des Hornprosenchyms mit eingeschlossenen Bastzellen.

17. Ein Stück aus der Stammrinde mit an der Oberfläche auftretender Gummimasse g. Von dem Periderma pd aus geht eine secundäre Peridermaschicht in einem Bogen nach innen, wodurch nach aussen ein Theil des Rindengewebes (Bastschicht) als braune leblose Borke von dem lebendigen Bast abgeschnitten wird und allmählich in die Gummimasse übergeht, die Baststrahlen breit, die Markstrahlen schmal.

18. Ein Stück aus dem vorigen vergrössert, den allmählichen Uebergang des Hornbastes in die homogene, durch Schattirung bezeichnete Gummisubstanz darstellend; γ Bassorin; g das fertige structurlose Gummi.

Taf. VI.

Prunus avium.

1. a Borke von mehreren Peridermaschichten durchzogen; g eine durch partielle Umwandlung der Borke incl. des Periderma enstandene Masse von Gummi; g' eine andere eingeschlossene Gummihöhle von länglicher Gestalt, rings von Periderma begrenzt. Das innerste Periderma dringt bis auf den Holzkörper. In der äussersten Holzschicht h eine Druse von steinigem Holzparenchym p (farblos, durch Salzsäure violett) und p' (braun, durch Salzsäure nicht violett), letztere Schicht nach innen sich in eine Gummimasse g" auflösend.

2. Ein Theil des vorigen vergrössert; h 3 Bündel der äussersten Holzschicht; rm 2 Markstrahlen; pe steiniges Holzparenchym, ohne strahlige Anordnung der Zellen; pi dasselbe mit strahliger Anordnung, beide farblos, durch Salzsäure violett, dadurch sowie durch die scharfe Grenze x von p unterschieden; letzteres Gewebe geht in das homogene Gummi g über.

3. Ein Gefäss nebst Holzzellen aus h Fig. 2.

4. Einige Zellen aus der Schicht pe und p' von Fig. 4. vergrössert.

5. Eine Gummidruse aus der inneren Rinde zwischen 2 benachbarten auseinanderweichenden Markstrahlen, gebildet theils durch Auflösung des Baststrahls, theils des Steinparenchyms p und der verzweigten Zellenfäden; g' Gummidruse im Innern der keilförmigen Holzparenchymmasse p'.

6. Ein Stück eines Zellenfadens im Innern der Gummidruse g, Fig. 5, vergrössert, die Ablösung der äusseren Membranschichten und Verwandlung in Gummi darstellend.

7. Zellen aus p Fig. 5. in der Gummification begriffen.

8. Eine Gummidruse, deren äusserer Theil g braun, rings von Periderma eingeschlossen, der innere g' farblos.

9. Der innere Theil des vorigen vergrössert, die Bildung des Gummis darstellend. pp Steinparenchym von strahligem, p von nicht strahligem Bau als Fortsetzung der Markstrahlen rm; l Baststrahlen, überwiegend aus Hornbast; rm Markstrahlen; c Cambium; g" Gummidrusen in der äussersten Holzschicht.

10. Ein Stück Rinde mit einer von Periderma eingeschlossenen Masse g, welche nach innen aus Gummi, nach aussen aus Borkengewebe besteht.

11. Ein Stück Rinde mit einer scheinbar nach aussen herausbrechenden Gummimasse g; b lebendige Rinde (Bast); bo Borke.

12. Ein Stück Rinde mit unregelmässig verlaufendem Periderma: in der dadurch abgegrenzten Borke hier und da Gummi.

13. Ein Stück Rinde, mit Gummidrusen g in der lebendigen Bastschicht und in der äussersten Holzschicht g' und g".

Taf. VII.

1. Secundäre Axenbildung in der Rinde von Prunus avium. r Rinde; mr Markstrahlen; h Holzkörper; m, Mark.

2 Querschnitt eines Astes von Prunus avium mit vielfach gestörtem Dickenwachsthum und reichlicher Gummibildung an der Oberfläche und als

zonenartig angeordnete Gummibehälter an manchen Stellen der Holzringe. c ⅓ des natürlichen Durchmessers.

3. Lederartiges Periderma; A, Querschnitt; B, radialerLängschnitt.

4 und 5. Structur des Gummis im Fruchtfleisch von Prunus insititia.

6. Parenchymzellen von Opuntia elatior mit 2 Gummizellen (gg).

7. Querschnitt durch die das Senegalgummi liefernde Rinde. l, l Bastschichten; h, h damit abwechselnde Schichten von Hornprosenchym, dessen Zellen zum Theil beträchtlich gross; gg homogenes Gummi nach aussen und seitlich aus dem umgewandelten Gewebe hervorgehend.

8. Längsschnitt durch den äusseren Theil des vorigen; Bedeutung der Buchstaben wie bei 7.

9. Durchschnitt durch ein Stück Bdellium, bestehend aus normalem Rindengewebe (Hornbast) h, in die homogene Gummimasse g übergehend, letzteres von verschiedenen Peridermaschichten durchsetzt.

10—12 aus der Stammrinde von Hedera Helix mit Uebergängen in die Harzmassen r; — 10, Korkgewebe; 11, polyedrische, excentrisch verdickte Zellen; 12, Hornbast.

13—18. Entstehung des Copals.

13. Querschnitt der normalen Rinde der Stammpflanze. a Korkschicht; b Collenchym; c Steinzellenschicht; d derbwandiges Parenchym; e Bastschicht.

14. Zellen aus der Korkschicht vergrössert, bis zum Verschwinden der Höhle verdickt.

15. Steinzellenschicht mit einigen derbwandigen Parenchymzellen, nach innen in die Parenchymschicht übergehend.

16. Ein Stück der Bastschicht vergrössert, Bastbündel b von eigenthümlicher Form, in dem Hornbastgewebe h eingelagert.

17 und 18, zwei Stücke Copal, verschiedene unregelmässige Parthieen vom Rindengewebe c in der Harzmasse r einschliessend.

Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin.

Inhalt.

Seite

Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern.

Von

Dr. **Julius Sachs.**

Die Beobachtungen, welche ich in der vorliegenden Abhandlung zusammenstelle, haben mich zu der Ansicht geführt, dass die Stärke, das Oel, die Zuckerarten, das Inulin und gewisse Ablagerungen von Zellstoff selbst, entweder unmittelbar oder mittelbar das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern, dass ferner alle diese Stoffe, wo man sie innerhalb der Pflanze auch immer antreffen möge, in letzter Instanz aus dem Chlorophyll der Blätter (und der grünen Rinde) abgeleitet werden können, welches fortwährend Stärke erzeugt, die ihrerseits als solche oder als ein Derivat derselben zu denjenigen Theilen hingeleitet wird, deren Zellen im Wachsthum begriffen sind; dass ferner die Ablagerungen von Stärke, Oel, Zucker, Inulin und Zellstoff, zu Gunsten der Keime der nächsten Generation, aus denselben Quellen stammen, dass also, wenn auch oft erst nach vielfachen Metamorphosen, die im Chlorophyll entstehenden Stärkekörnchen das Material liefern, aus welchem sämmtliche Zellhäute der Pflanzen ihre Nahrung schöpfen.

Anmerkung. Nachdem schon P. De Candolle (Physiol. I. p. 170 ff.) die Bedeutung von Stärke, Zucker, Inulin als Material zur Bildung neuer Pflanzenorgane im Allgemeinen erkannt hatte, hob H. v. Mohl zuerst den Gegensatz zwischen diesen und den „Proteinstoffen" hervor, indem er sie als Bestandtheile des Protoplasmas erkannte und auf ihre Gegenwart in den entwickelungsfähigen Geweben (Wurzelspitzen, Blatt- und Blüthenknospen, Pollen, Embryosack, Saamen) bestimmt hinwies (die Vegetabil. Zelle, p. 250). Th. Hartig zeigte durch Entlaubungs- und Ringelungs-Versuche die Abhängigkeit der Stärke im Stamm von der Thätigkeit der Blätter, und betrachtete sie als Bildungsmaterial für die

Zellhäute des Holzes (Botan. Zeit. v. Mohl u. Schlechtendal, 1858, No. 44). Ich habe 1859 (Keimung der Schminkbohne, Sitzungsber. d. Akad. Wien 1859, p. 56 u. 57) die Zellhäute der fertigen Keimpflanze als Umwandlungsprodukte der Stärke der Cotyledonen erkannt, und zugleich die Eiweissstoffe der letzteren als das Material zur Erzeugung des Protoplasmas der ersten Wurzeln und Blätter bezeichnet. Nachdem das Manuscript der vorliegenden Abhandlung schon im October 1861 abgesendet war, erschien im Februarheft 1862 der Ann. für Chemie u. Pharm. von Wöhler und Liebig eine Abhandlung „die Pflanze" von J. v. Liebig, deren ich jetzt bei der Correctur nur kurz erwähnen kann. Liebig hebt die verschiedene Bedeutung der stickstofflosen und stickstoffhaltigen assimilirten Stoffe für die Organbildung an einigen Beispielen hervor; p. 193 sagt er, von der Keimung des Weizen sprechend, die Stärke liefere die Elemente zur Bildung der Zellwand, und am Schluss macht er den Gedanken geltend, dass die Stoffe, welche im Saamen, in Knollen u. s. w. das Baumaterial für die Keime darstellen, auch während der Vegetation in den Blättern gebildet und zu den wachsenden Theilen hingeleitet werden müssen.

Wenn es sich, wie ich glaube, beweisen lässt, dass Stärke, Zucker, Inulin, fettes Oel u. s. w. von der Pflanze nur zu dem Zweck bereitet werden, um eher oder später diese Stoffe als Bildungsmaterial für wachsende Zellhäute zu benutzen, so dürfte es nicht unpassend sein, diese Stoffe unter einen gemeinschaftlichen Namen zusammenzufassen. Wenn das fette Oel nicht dabei wäre, so würden alle anderen durch die Bezeichnung Kohlehydrate hinlänglich charakterisirt sein; dieser Name würde aber das Oel vollständig ausschliessen, während dieses in seinem physiologischen Verhalten sich doch ganz eng an die anderen genannten Stoffe anschliesst. Dagegen dürfte die Bezeichnung „Zellstoffbildner" sich dadurch rechtfertigen, dass alle diese Stoffe durch, wie es scheint, sehr einfache Metamorphosen in Zellstoff übergehen können, und zugleich deutet der Name nur den letzten physiologischen Zweck an, den diese Stoffe in der Pflanze zu erfüllen haben, ohne auf ihre chemische Verwandtschaft Rücksicht zu nehmen; die Beobachtungen über die Ablagerung von fettem Oel, welches später als Reservenahrung ganz in derselben Art, wie Stärke oder Zucker, zum Wachsthum der Keimtheile verwendet wird, der Uebergang des Oels in Stärke, welchen ich bei der Keimung ölhaltiger Saamen

allgemein gefunden habe, sind einstweilen rein physiologische Thatsachen, und insofern scheint mir auch eine diesen Thatsachen entsprechende rein physiologische Bezeichnung, wie sie in dem Namen „Zellstoffbildner" liegt, gerechtfertigt. Dem entsprechend könnte man die eiweissartigen Stoffe, welche durch die dünnwandigen Leitzellen (Gittergewebe, Cambiform) der Gefässbündel den Vegetationspunkten zugeführt werden, als „Protoplasmabildner" bezeichnen.

I. Mikrochemische Methoden.

Im Allgemeinen bestand mein Verfahren, wie die unten mitgetheilten Beobachtungen zeigen, darin, dass ich Pflanzen aus möglichst verschiedenen Ordnungen in möglichst verschiedenen Entwicklungszuständen untersuchte und zwar so, dass ich sie, von den Wurzelspitzen anfangend durch den Stamm hinauf bis zu den Blättern, Blüthen und reifenden Früchten hin, auf ihren Gehalt an Stärke und Zucker prüfte, und den Entwickelungszustand der betreffenden Theile bemerkte. Das Oel habe ich nur während der Fruchtreife und während der Keimung verfolgt, wo es in grosser Menge auftritt.

1. Stärke. Obgleich die Stärke, wenn sie in grösseren Körnern und in älteren Zellen enthalten ist, durch die bekannte Jodreaction sehr leicht erkannt wird, so gehört doch die Nachweisung dieses Stoffes in sehr vielen Fällen zu den schwierigsten Operationen am Microscop. In dem sehr jungen und noch sehr kleinzelligen Parenchym, welches sich aus dem Urmeristem der Vegetationspunkte entwickelt, ist die Stärke durch alcoholische oder alcalische Jodlösung allein fast niemals zu entdecken, während ein umständlicheres Verfahren zeigt, dass sie grade hier jederzeit vorhanden ist.*)

*) Das allgemeine Vorkommen von Stärke in den sich streckenden Geweben der jungen Organe scheint bisher nicht erkannt worden zu sein. Payen sagt in seiner klassischen Arbeit über die Stärke (Annales des sciences nat. Tom. X. 2. Serie 1838 p. 202): On ne rencontre jamais l'amidon dans les tissus qui sont à l'état rudimentaire; ceux-ci ne récèlent encore que les principes immédiats, indispensables à leurs prémiers développemens, c'est-à-dire que j'ai démontré, être dèslors constamment réunies: les unes tres riches en azote, les autres non azotées. — Ainsi les spongéoles des radicelles, les plus jeunes rudiments des bourgeons foliacées et fructifères, l'intérieur des ovules non fécondés, et sans aucune exception, toutes l'organisation naissante est dépourvue de fécule amylacée. Meine Beobachtungen zeigen, dass gerade alle hier genann-

Wenn die jungen Gewebe kein Chlorophyll enthalten, genügt es, wie ich schon früher angegeben habe, möglichst feine Schnitte in starker Kalilauge zu erwärmen oder längere Zeit liegen zu lassen, sie dann mit Wasser auszuwaschen, mit Essigsäure zu neutralisiren und endlich eine schwache Jodlösung (nach v. Mohl's Angabe alcoholische starke Lösung mit viel Wasser verdünnt) zuzusetzen; man erkennt dann mit starker Vergrösserung entweder aufgequollene blaue Körnchen in dem gelben Plasma oder einen blauen Kleister. Im letzteren Falle ist es natürlich unmöglich zu entscheiden, ob die Stärke hier in Körnchen vorhanden war oder in Lösung, die vielleicht innig mit dem stickstoffhaltigen Plasma vereinigt war.

Zur sicheren Erkennung der Stärke im Chlorophyll ist es nöthig, die betreffenden Pflanzentheile vorher in starkem Alcohol an der Sonne zu bleichen und dann das vorhin angegebene Verfahren an möglichst feinen Schnitten anzuwenden. Diese von Dr. Jos. Böhm (Sitzungsberichte der Kais. Academie der Wissensch., Wien 1857, p. 21 der Abhandlung: „Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls) der Hauptsache nach angegebene Methode (Böhm erwärmt jedoch nicht in Kali, sondern lässt die Schnitte der durch Alcohol gebleichten Blätter längere Zeit in kaltem Kali liegen, ohne sie vor dem Jodzusatz zu neutralisiren) liefert ausgezeichnet klare Objecte; die Stärkereaction tritt um so besser und schöner hervor, je länger man die chlorophyllhaltigen Theile in Alcohol liegen liess.

2. Zucker. Ich habe schon in einer früheren Abhandlung

---

ten Theile fast ohne Ausnahme Stärke enthalten. Nur die noch im Zustande der Theilung begriffenen Zellen, welche die Spitze der Stammtheile und Wurzeln bilden, scheinen keine zu enthalten, in dem ein wenig älter gewordenen Parenchym der wachsenden Theile habe ich sie selten vergeblich gesucht. Nägeli (worauf ich unten noch zurückkomme) hat die Stärke in sehr jungen noch wachsenden Organen mehrfach gesehen, und er geht also wohl zu weit, wenn er sagt: „Die Stärkekörner sind ausschliesslich Reservenahrung u. s. w.", p. 382 des zweiten Heftes: Pfl. physiologische Untersuchungen von Nägeli und Cramer. Nägeli's weitere Bemerkung (a. a. O. p. 390): „die jungen Gewebe enthalten keine Stärke, so die Enden der Stammtheile, die jungen Blätter, die Wurzelspitzen, die Knospen im jüngsten Zustande, die Ovula vor der Befruchtung," finde ich zu unbestimmt, da alle diese Theile, so lange sie noch ganz aus Urmeristem bestehen, allerdings keine Stärke enthalten, sobald sich aber ihre Gewebe mehr differenziren und sich zu strecken beginnen, zeigen sie regelmässig im jungen Parenchym Stärke, die dann, sobald die Streckung vorüber ist, verschwindet.

gezeigt, wie man das Trommersche Reagens auf Zucker dazu anwenden kann, sowohl Trauben- als Rohrzucker innerhalb der Zellen microchemisch nachzuweisen (über einige microscopisch-chemische Reactionsmethoden, Sitzungsber. der Kais. Acad. der W. 1859). Ich glaube seitdem die Sache um einen Schritt weiter gebracht zu haben, und gebe hier die nöthigen Andeutungen etwas abweichend von den früheren. Um einen Pflanzentheil auf seinen Gehalt an Zucker und Dextrin zu prüfen, nehme ich davon Quer- und Längsschnitte, welche wenigstens 2—3 Zelldicke haben, und lege sie sogleich in ein Schälchen mit concentrirter Kupfervitriollösung; während sie hier das Salz aufnehmen, wird ein kleines mit starker Kalilauge gefülltes Porzellanschälchen, welches etwa 5—6 C. C. fasst, über der Spirituslampe bis zum Kochen erhitzt. Alsdann nehme ich mit einer feinen Pincette die Schnitte aus der Kupferlösung und tauche sie mehrmals in ein grösseres Gefäss mit reinem Wasser, worauf sie sogleich in die heisse Kalilauge gelegt werden. Enthalten die Zellen Traubenzucker oder Dextrin, so entsteht fast augenblicklich, zuweilen erst nach einigen Sekunden, eine prächtig rothe, opake Färbung, die sich bald dem Ziegelrothen, bald dem rein Gelben mehr nähert. Diese Färbung rührt von dem in den Zellen entstandenen Niederschlag von Kupferoxydul her, welches unter starker Vergrösserung in Gestalt kleiner rundlicher Körnchen in den Zellen erscheint. In den meisten Fällen ist indessen die Reaction so glänzend, dass über die Gegenwart des Niederschlags selbst dann das blosse Auge entscheidet, wenn er auch nur in einzelnen Zellen auftritt; doch ist es immer rathsam, Vergrösserungen zu Hülfe zu nehmen. Enthält dagegen der Schnitt Rohrzucker, so entsteht bei dem Eintauchen des mit Kupfersalz getränkten und dann abgespülten Schnittes in Kali eine schöne himmelblaue Färbung, welche einer klaren in den Zellen enthaltenen Flüssigkeit angehört; durch Kochen in Kali tritt in diesem Falle kein Niederschlag von rothem Kupferoxydul auf, die Flüssigkeit bleibt blau und diffundirt sehr schnell in das Kali.

Um zu entscheiden, ob die Reduction des rothen Kupferoxyduls von Traubenzucker oder von Dextrin herrührt, lege ich Schnitte derselben Pflanzentheile, von deren Reaction ich mich bereits überzeugt habe, in Alcohol von 90 bis 95 pCt. Da das Dextrin nach Payen selbst in 84procentigem Alcohol schon unlöslich ist, so kann diese Substanz durch einen bedeutend stärkeren Alkohol den Zellen nicht mehr entzogen werden; solche Schnitte

müssen also nach mehrstündigem Liegen in jenem dann mit Kupfervitriol und Kali (erhitzt) noch die rothe Reduction ergeben; wenn dagegen die Zellen Traubenzucker enthalten, so wird ein Alcohol von 90—95 pCt. denselben nach 10—24stündigem Liegen aus den dünnen Schnitten ausziehen müssen, da nach Payen Alcohol selbst bei 95 pCt. noch den Traubenzucker auflöst; wenn also ein Schnitt vor dieser Behandlung mit Alcohol Kupferoxydul reducirt, nach dieser Behandlung aber keinen Niederschlag von rothen Körnchen giebt, so glaube ich schliessen zu dürfen, dass die Reduction des Kupferoxyduls von Traubenzucker und nicht von Dextrin herrührte. Zu meiner Ueberraschung zeigte sich nun, dass mit Ausnahme sehr weniger Fälle eine mehrstündige Maceration der Schnitte in 95procentigem Alcohol genügte, um ihnen die reducirende Materie vollständig zu entziehen; bei Keimpflanzen von Kürbis, Mais, bei den Stammquerschnitten von fructificirenden Kartoffelstauden, am Ricinus, von Blattstielen der Runkelrübe, bei unreifen Früchten von Ricinus, Mais u. s. w., welche im frischen Zustand reichlich Kupferoxydul reduciren, erhielt ich nach 5—15-stündigem Liegen dünner Schnitte in 95procentigem Alcohol keine Spur von Niederschlag mehr, und ich glaube daher, dass in allen diesen Fällen die Reduction in den frischen Schnitten von Traubenzucker herrührte. Wenn diese Folgerung richtig ist, so würde die Existenz nachweisbarer Mengen des Dextrins zu den grössten Seltenheiten in frischen, unveränderten Pflanzenzellen gehören. Nur in den keimenden Knollen von Dahlia erhielt ich auch nach 36stündigem Liegen in 95procentigem Alcohol noch die, wenn auch schwächere, Reaction wie vorher; in diesem Falle musste also Dextrin vorhanden gewesen sein.

Für den hier verfolgten Zweck ist es übrigens ohne grosse Bedeutung, ob die Reduction rothen Kupferoxyduls von Traubenzucker oder von Dextrin herrührt; da ich aber das Erstere (mit Ausnahme von Dahlia) für wahrscheinlicher halte, so werde ich unten immer Traubenzucker angeben, wo ich in den Zellen jene Reaktion erhielt. Ueber die Genauigkeit der Methode in quantitativer Hinsicht war es mir bisher unmöglich, genügende Aufklärung zu erhalten. Es ist noch die Frage, ob man die kleinsten Mengen von Zucker und Dextrin auf diese Weise kenntlich machen kann, ein Vorwurf, der freilich auch alle anderen microchemischen Methoden in gleicher Weise trifft.

Sowohl bei der Reaction auf Traubenzucker (und Dextrin)

als bei der auf Rohrzucker, kann für den Ungeübten ein Irrthum eintreten. Die Häute der Holzzellen und Gefässe färben sich nämlich bei der angegebenen Behandlung schön orangegelb, oft röthlich, so dass für das unbewaffnete Auge zuweilen der Eindruck entsteht, als ob Reduction von Kupferoxydul im Holzkörper (was auch zuweilen geschieht) stattgefunden hätte; eine hinreichende Vergrösserung, wobei der Schnitt in Kali liegt, giebt übrigens sogleich Aufschluss; man erkennt die homogen orange gefärbten Zellhäute des Holzes sogleich als solche, und wenn zugleich Reduction von Kupferoxydul eingetreten war, so findet man in den betreffenden Zellen die Körnchen des Kupferoxyduls. Dagegen nehmen die Wandungen der jungen Bastzellen, des Collenchyms, der jungen Holzzellen und manchmal des Parenchyms bei Behandlung mit Kupfersalz und Kali eine intensive und prachtvoll rein blaue Färbung an, die selbst bei den stärksten Vergrösserungen noch kenntlich bleibt*), bei Betrachtung mit freiem Auge aber bei dem Ungeübten leicht den Irrthum veranlassen könnte, dass er Zellen mit blauer Flüssigkeit (Rohrzuckerreaction) vor sich habe.

Wenn ein Querschnitt, wie es häufig geschieht, zugleich Traubenzucker im Parenchym enthält, fertiges und junges Holz, jungen Bast und Collenchym, so erhält man Präparate von überraschendem Farbenglanz; bei schwächeren Vergrösserungen giebt das prächtige Blau der Zellhäute des Collenchyms und jungen Holzes einen sehr auffallenden Contrast zu dem Orange der verholzten Zellwände und zu dem rothen Niederschlag des Kupferoxyduls im Parenchym; das Cambium nimmt zugleich eine intensiv violette Färbung an, welche seinen Gehalt an eiweissartigen Stoffen bekundet.

Da Schwefelsäure und Zucker mit eiweissartigen Stoffen eine rosenrothe Färbung giebt, so könnte man die Gegenwart von Zucker dann vermuthen, wenn Schwefelsäure in den Zellen eine rosenrothe Färbung veranlasst, was bei jungen und an eiweissartigen Substanzen reichen Geweben häufig vorkommt. Allein die Röthung ist kein Beweis für die Existenz von Zucker in diesen Ge-

---

*) Diese durch Kupfervitriol und Kali eintretende, schön blaue Färbung ist ein Zeichen besonderer Reinheit des Zellstoffs, ähnlich wie das Blauwerden mit Jod. Alte und mit stickstoffhaltigen Substanzen imprägnirte Häute werden orangegelb bis roth.

weben, denn die Einwirkung der Schwefelsäure selbst erzeugt aus dem vorhandenen Zellstoff und der etwa benachbarten Stärke Zucker, der dann natürlich die Zuckerreaction hervorbringt*).

II. Ueber das Verhalten der Zellstoffbildner bei dem Wachsthum der Zellhäute im Allgemeinen.

Gewebe, deren Zellen dazu bestimmt sind, sich zu strecken, also ihre Zellwände zu vergrössern, sind jederzeit mit Stärke oder Oel, oder Zucker, oder Inulin, oder auflöslichem Zellstoff selbst versehen: entweder enthalten sie selbst einen oder mehrere dieser Stoffe, oder diese finden sich in ihrer Nachbarschaft und werden ihnen während der Streckung auf nachweisbare Art zugeführt; diese Stoffe verschwinden in dem Grade, als die Zellhäute wachsen und sind daher als Nahrungsmaterial derselben zu betrachten.

Ohne in theoretische Erörterungen einzugehen, will ich nur im Allgemeinen die Thatsachen angeben, welche den eben ausgesprochenen Satz zu rechtfertigen scheinen.

1) Die Sporen**) enthalten entweder Oel oder Stärke oder beides, und diese Stoffe verschwinden aus dem Inhalt, wenn die Keimschläuche austreiben, wenn also die Zellhäute wachsen, während die stickstoffhaltige Substanz sich hauptsächlich in die wachsenden Spitzen hinzieht.

2) Die Pollenkörner enthalten entweder Stärke oder Oel oder beide Stoffe zugleich***). Wenn diese Stoffe bei dem Hinabwachsen des Pollenschlauchs zum Ovulum auch nicht immer ganz verschwinden, wie es aus mehrfachen Angaben Hofmeister's†) in Bezug auf Stärke hervorgeht, so dürfte doch auch hier Oel und Stärke nur zum Zweck der Ernährung der Haut des Pollenschlauches vorhanden sein. Das erste Austreiben des Schlauches lässt kaum eine andere Annahme zu; sein weiteres Wachsthum

---

*) Schacht (Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, II. 369) nimmt die Existenz von Zucker in dem Pollen neben eiweissartigen Stoffen an, weil Schwefelsäure den Inhalt oft roth färbt. Die im Pollen oft enthaltenen Stärkekörnchen werden natürlich durch Schwefelsäure in Traubenzucker verwandelt.

**) Siehe Nägeli a. a. O. p. 388.

***) Nägeli a. a. O. p. 388 u. 389.

†) Hofmeister, Neue Beitr. z. Kenntniss der Embryobildung der Phanerog. II. Monocotyledonen, p. 685: „Jene Wanderung (des Polleninhalts bei

mag dagegen allerdings auf Kosten des Zuckers und anderer Stoffe des Staubweges stattfinden und dann der weitere Verbrauch der eigenen Zellhautbildner des Pollenchlauchs unnöthig werden, so dass der Rest unverändert übrig bleibt. In anderen Fällen, wo der Pollenschlauch neben bedeutendem Längenwachsthum auch namhafte Dickenzunahmen seiner Wand zeigt, ist wohl kaum anzunehmen, dass dazu der Inhalt des Pollenkorns selbst hinreichendes Material biete; in diesen Fällen scheint eine Ernährung der Pollenschlauchhaut durch das umgebende Gewebe ebenfalls nothwendig. Uebrigens kann neben dieser Ernährung von Aussen her ein Verbrauch des Inhalts des Pollenkorns gleichzeitig stattfinden. Schacht (Lehrb. der Anat. u. Phys. der Gew. II. p. 375) giebt an: „Wenn der Pollenschlauch bis zum Embryosack der Saamenknospe gelangt, ist das Stärkemehl in der Regel verschwunden; nur bei Nadelhölzern (P. sylvestris und P. Strobus) ist der in's Corpusculum getretene Pollenschlauch bisweilen noch mit Stärkemehlkörnern angefüllt.“

3) Das Amylum in den jungen Schleudern der Lebermoose verschwindet nach Mohl (Die vegetabilische Zelle p. 207), wenn die Spiralfaser in denselben sich entwickelt.

4) In den jungen Haaren auf sehr jungen Stengelgliedern von Dahlia variabilis fand ich deutlich Stärke, welche in den älter gewordenen Haaren mit ausgebildeten Zellwandungen verschwunden war.

5) Nach meinen Beobachtungen enthält das junge Parenchym unter den Vegetationspunkten, sobald es zwischen seinen Zellwänden kleine Intercellularräume erkennen lässt, feinkörnige (zuweilen vielleicht kleisterartige) Stärke, welche verschwindet, wenn dieselben ihre definitive Grösse erreichen.

6) Alle phanerogamen Keime enthalten in ihren Cotyledonen oder in ihrem Endosperm entweder Oel oder Stärke, oder Zellstoffablagerungen, oder diese Stoffe gleichzeitig; dieselben werden während der Keimung den sich entwickelnden Keimorganen zugeführt und am Ende der Keimung, wenn die Zellwände der ersten Wurzeln, Stammtheile und Blätter ausgewachsen sind, sind jene

---

dem Auswachsen des Pollenschlauches) ist besonders augenfällig bei Najas major, wo das Pollenschlauchende auch nach seinem Zusammentreffen mit dem Embryosack, mit den im Pollenkorn enthalten gewesenen spindelförmigen Amylumkörnern vollgestopft erscheint.“ Ein ähnliches Verhältniss bei Pinus sylvestris und P. Strobus.

Stoffe verschwunden; die jetzt ausgebildeten Zellwände sind auf Kosten jener Stoffe gewachsen*).

7) Bei der Keimung der Kartoffeln verschwindet bekanntlich die in ihnen enthaltene Stärke in dem Maasse, als die neuen Triebe sich entfalten.

8) Bei dem Frühjahrstrieb der Bäume, wo, wie bei der Keimung, die bereits angelegten Organe sich schnell entfalten, ein rasches Wachsthum der Zellhäute stattfindet, wird das im Holzkörper und sonst vom vorigen Jahre her angesammelte Stärkemehl aufgelöst und den wachsenden Knospentheilen zugeführt, um bei deren Ausbildung zu verschwinden, d. h. in Gestalt von Zellhäuten sich abzulagern (Hartig: Botanische Zeitung von Mohl und Schlechtendal, 1858, p. 382).

9) Der Rohrzucker, welcher die Perenchymzellen der Runkelrübe erfüllt, verschwindet im nächsten Frühjahr, wenn die neuen Blätter und Internodien sich entfalten.

10) Das Austreiben der inulinhaltigen Knollen von Dahlia und Helianthus tuberosus kann nur auf Kosten des Inulins stattfinden, da sich neben einer geringen Menge Oel und Zucker (?) keine anderen Zellstoffbildner in den Knollen vorfinden**).

Für den letzten Zweck, die Ernährung der Zellhäute, scheint es also gleichgültig, ob der vorhandene Nährstoff (Zellhautbildner) als Stärke, Zucker, Oel, Inulin oder Zellstoff selbst vorhanden ist. Während die Keimpflanze von Helianthus und Dahlia sich aus einem ölhaltigen Samen ernährt, nimmt der Knollentrieb die seinige aus einem inulinhaltigen Gewebe, während der Saamenkeim von Beta sich von dem Stärkemehl seines Endosperms ausbildet, nimmt der Trieb des zweiten Jahres den in der Rübe enthaltenen Rohrzucker zu demselben Zweck in Anspruch; ebenso entwickelt sich die Keimpflanze der Kartoffel aus einem ölhaltigen Saamen, ihre Knollentriebe verbrauchen dagegen zu ihrer Entwickelung die Stärke der Knollen.

Es scheint aber, dass jeder Zellstoffbildner erst transitorisch in Stärke übergehen muss, bevor er fähig ist, als Nährstoff für Zellhäute aufzutreten. So geht, wie ich in meiner Abhandlung „über das

*) S. meine Abhandlung „über das Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Saamen", Botan. Zeitung, 1859, und „Physiolog. Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne", Sitzungsber. der K. Acad. d. Wissenschaften, Wien 1859.

**) Rochleder, Phytochemie. 1854 p. 181.

Auftreten der Stärke bei der Keimung ölhaltiger Saamen" gezeigt habe, dies Oel der Cotyledonen oder des Endosperms in Stärke über, um unter Zuckerbildung die Streckung der Keimtheile zu ermöglichen; so sah ich den Embryo von Ceratonia siliqua bei der Keimung sich mit Stärke erfüllen, während das stärkefreie Endosperm ausgesogen wurde; ebenso fand ich in den jungen Knollentrieben von Dahlia variabilis Stärke, nachdem sich in dem inulinhaltigen Knollen Dextrin gebildet hatte.

Umgekehrt scheinen die anderen Zellhautbildner sich gewöhnlich erst aus Stärke zu entwickeln. Aus den unten mitzutheilenden Beobachtungen glaube ich entnehmen zu müssen, dass das Oel der Saamen aus Zucker und dieser aus Stärke entsteht, dass ferner der Rohrzucker der Runkelrübe aus der in den Blättern (im Chlorophyll) gebildeten und hinabgeleiteten Stärke sich bildet, dass ebenso das Inulin der Dahliaknolle aus der Stärke entsteht, welche in dem Chlorophyll der Blätter reichlich gebildet und wahrscheinlich durch die Stärkeschicht abwärts geleitet wird.

Die Erzeugung des Oels aus Stärke tritt besonders deutlich da hervor, wenn der unreife Saamen statt des späteren Oels zuerst Stärke enthält, wie bei Brassica Napus (Nägeli a. a. O. p. 391 u. 562), Taxus baccata (Nägeli a. a. O. 536), ferner bei den durch Conjugation entstandenen Sporen von Zygnema, Cosmarium, Desmidium (Nägeli a. a. O. p. 532); nach v. Mohl (die vegetab. Zelle, 207) verschwindet im Albumen des Palmensaamens gegen die Zeit der Saamenreife das Amylum, und es tritt fettes Oel, zu welchem es ohne Zweifel das Material liefert (v. Mohl), an seine Stelle.

Die Gleichwerthigkeit von Stärke und Oel als Nährstoff für junge Organe drängt sich besonders dann auf, wenn beide Stoffe in unbestimmtem Verhältniss neben einander abgelagert sind, und bald der eine bald der andere prävalirt. Diese Erscheinung lässt sich als eine Art Hemmungsbildung betrachten, wo die Stärke nicht vollständig, sondern nur theilweise in Oel übergeht. Nach Nägeli (a. a. O.) enthalten viele Keime ohne Eiweiss zugleich Stärke und Oel in den Cotyledonen, bald mehr von dem einen, bald von dem anderen; so bei den Alismaceen, Hydrocharideen, Najadeen, Ceratophylleen, Laurineen, Hernandiaceen, Clusiaceen, Mangifera, Anacardium, Indigofera, Galega, Colutea. Aehnliche Angaben macht Nägeli in Bezug auf die ruhenden Sporen von

Sphaeroplea, Oedogonium, die Gynosporen von Isoetes und den Stamm von Isoetes lacustris.

Die Stärke scheint also innerhalb der Pflanze eine Art Vermittler zu sein, bei der Bildung und Verwendung der Zellstoffbildner, und sie ist, wie es scheint, zugleich die ursprüngliche Form, insofern ich die sämmtlichen Zellstoffbildner aus der Stärke in dem Chlorophyll der Blätter glaube ableiten zu müssen.

In Bezug auf den Zusammenhang der Stärke in dem Chlorophyll der Blätter mit der in den jugendlichen Knospentheilen und mit der Ablagerung von Zellstoffbildnern in den Saamen und Knollen, scheint die Stärkeschicht der Gefässbündel die wichtigste Rolle zu spielen.

III. Die Stärke-Schicht.

In den Stammtheilen, Blattstielen und Blattnerven werden die Gefässbündel von einer Gewebeschicht begleitet, welche jene entweder ganz oder theilweise umgiebt, und sich dadurch auszeichnet, dass sie mit sehr seltenen Ausnahmen immer mit Stärkekörnern mehr oder weniger erfüllt ist, was besonders dann recht auffallend wird, wenn, wie es öfter vorkommt, das übrige Parenchym keine Stärke enthält; so ist es z. B. gewöhnlich in den Nerven der Blätter, der Blattstiele bei vollständig ausgebildeten frischen Blättern und im Stamm zwischen vollendeter Keimung und der Zeit, wo die Blüthenknospen anfangen, sich zu zeigen. Wegen dieser Eigenthümlichkeit, Stärke zu führen, nenne ich diese Schicht „Stärkeschicht“.

Wenn ein centrales Gefässbündel oder ein geschlossener Gefässbündelkreis vorhanden ist, so bildet die Stärkeschicht einen geschlossenen Cylinder, welcher jene unmittelbar umgiebt. So fand ich die Stärkeschicht in dem hypocotylen Gliede der Keimpflanzen von Phaseolus, Iberis, Raphanus, Prunus, Convolvulus, Amygdalus, Beta, Zea, Triticum, Quercus, Acer, ferner in dem Tragfaden der Kartoffelknollen, der jungen Zweige und Knollentriebe der Dahlia, im Stamm des blühenden Ricinus und der blühenden Dahlia.

Wenn dagegen bei Dicotyledonen die Gefässbündel zerstreut im Kreise gestellt sind, also breite Markstrahlen zwischen sich lassen, so können zwei Fälle eintreten; die Stärkeschicht kann nämlich

auch hier einen geschlossenen Cylinder bilden, der die im Kreis gestellten Gefässbündel gemeinsam umgiebt, oder es wird jeder Gefässbündel für sich auf seiner äussern Seite von einer besonderen stärkeführenden Schicht umhüllt und begleitet.

Der erste Fall, wo die Stärkeschicht bei zerstreuten Gefässbündeln der Dicotyledonen dennoch einen geschlossenen Cylinder bildet, innerhalb dessen Mark und Gefässbündel liegen und ausserhalb dessen nur die primäre Rinde liegt, findet sich in dem hypocotylen Gliede der Keime von Cucurbita und Ricinus; die Stärkeschicht umgiebt auch hier den Basttheil jedes Bündels, aber sie verbreitert sich auch durch das Parenchym der breiten Markstrahlen bis zu den nächsten Bündeln hinüber; so findet man demnach auf dem Querschnitt einen vollständigen Ring, dessen Zellen Stärke führen. Ebenso bei den Trieben der Topinamburknollen.

Der andere Fall, wo von den getrennten Gefässbündeln jeder seine besondere Stärkeschicht hat, ist der gewöhnliche in der Mittelrippe und im Stiel der Blätter und bei den vegetativen Stammtheilen mit getrennten Bündeln, z. B. Brassica oleracea.

Während nun in allen diesen Fällen die Stärkeschicht den nach aussen gekehrten Basttheil der Bündel umgiebt, findet das Umgekehrte Statt bei den zerstreuten Bündeln im Stamm und den Blattscheiden der Gräser (Zea, Triticum). Hier umhüllt die Stärkescheide den nach der Axe hin gekehrten Theil der Gefässbündel. Bei den am Umfange des Stammes von Zea dicht gedrängten Bündeln, deren jedes seine nach innen gekehrte Stärkeschicht hat, fliessen diese gewöhnlich zusammen zu einer continuirlichen stärkeführenden Schicht, welche den festen Umfang des Stammes von dem lockeren Marktheil mit seinen zerstreuten Bündeln trennt.

Während der Vegetationszeit zwischen Keimung und Blüthezeit findet man in allen oberirdischen Theilen die Stärkeschichten fast ohne Ausnahme mit Stärkekörnern mehr oder weniger erfüllt; da jedoch die Körner meist zu den kleinen Formen gehören, so entgehen sie der Beobachtung sehr leicht, wenn man sie nicht vorher durch Erwärmung in Kali aufquellen lässt, dann auswäscht, neutralisirt und endlich verdünnte Jodlösung zusetzt.

In dem Embryo des reifen Saamens von Phaseolus, Mais und Triticum findet man auf sehr feinen Längs- und Querschnitten die Stärkeschicht schon sehr deutlich charakterisirt, obgleich sie hier noch keine Stärke führt. Die Stärkeschicht ist jederzeit nur aus einer einzigen Zellenlage gebildet, deren seitliche Wände auf dem

Querschnitt bei jungen Organen radial gestellt sind. Immer sind die Zellen der Stärkeschicht kleiner als die des angrenzenden Rindenparenchyms. Wo die Schicht an die Zellen der Gefässbündel angränzt, schliessen ihre Wände unter sich und mit diesen ohne Zwischenräume zusammen; wo die Schicht dagegen an das Parenchym gränzt, lassen die Längskanten luftführende Intercellularräume übrig, gleich dem Parenchym.

Als ich in einer früheren Arbeit (Bot. Zeitung v. Mohl und Schlechtendal, 1859 No. 20. u. 21.) zuerst auf die Eigenthümlichkeit der Stärkeschicht hinwies, glaubte ich sie für identisch mit der Gefässbündelscheide oder Caspary's „Schutz-Scheide" halten zu müssen; ich bin in Bezug auf diese Deutung gegenwärtig unsicher, und muss eine definitive Ansicht hierüber weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Einer besonderen Erwähnung werth scheinen mir die Stärkescheiden der kleinsten Gefässbündel, welche im Mesophyll verlaufen. Bei dem Mais bestehen diese Bündel blos aus einem dünnen cylindrischen Strange von engen dünnwandigen Zellen, die ich für Gitterzellen halte; sie sind von einem geschlossenen Cylinder parenchymatisch aussehender Zellen umhüllt, welche ihrerseits an die chlorophyllreichen Zellen des Mesophylls gränzen. Aehnliche sehr feine Bündel dünnwandiger cambiformer Zellen, umgeben von einer Scheide parenchymatischer Zellen (der Stärkeschicht entsprechend), bilden die letzten Endigungen der Nerven im Mesophyll bei Phaseolus, Viola odorata, Cheiranthus Cheiri, Begonia u. a. Sie sind sehr fein und oft schwierig zu erkennen.

Obgleich in den Wurzeln ebenfalls eine die Gefässbündel umhüllende Schicht zu finden ist, welche morphologisch dieselbe Bedeutung zu haben scheint, wie die Stärkescheide der oberirdischen Theile, so hat sie doch ein physiologisch anderes Verhalten, denn nach vollendeter Streckung führt sie hier gewöhnlich keine Stärke mehr. So fand ich es in den fertig gestreckten Keimwurzeln von Zea Triticum, Phaseolus, Quercus, Acer, Convolvulus.

Sowie in den Embryonen der reifen Saamen fand ich die Stärkeschicht auch in den jüngsten Knospentheilen; sie wird erkennbar, sobald das Urmeristem der Vegetationspunkte sich im Parenchym und Gefässbündel zu sondern beginnt.

Wenn die Zellen der Stärkeschicht in Bezug auf Stärke-

führung den ersten Rang einnehmen, so gebührt den Markzellen, welche dem Holztheil der Gefässbündel am nächsten liegen, der zweite, und den Rindenzellen ausserhalb des Stärkeringes der dritte Rang in dieser Hinsicht; tritt nämlich ausser dem Stärkering in fertig gestreckten Theilen noch Stärke auf, was nach der Blüthezeit gewöhnlich erfolgt, so erscheint sie zunächst im Umfange des Markes und dann in den inneren Rindenzellen um den Stärkering herum.

Für unsern Zweck ist die wichtigste Frage in Bezug auf die Stärkeschicht die, woher ihre Stärke stammt und wozu sie verwendet wird.

Was ihre Abkunft anbelangt, so glaube ich annehmen zu müssen, dass die Stärke in den Stärkeschichten aus dem Mesophyll der Blätter abzuleiten ist. Es bestimmen mich zu dieser Annahme zwei Gründe; zunächst ist es der Umstand, dass die Stärkeschicht von den unteren Stammtheilen und von den Knospen aus, sich jederzeit bis zu den Gefässbündeln verfolgen lässt, welche in dem Mesophyll der Blätter verlaufen, wo sie mit dem hier im Chlorophyll entstehenden Stärkereichthum in Berührung kommt; es geht daraus die Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Stärke aus dem Chlorophyll der Blätter in die Stärkescheiden der kleinsten Bündel übergeht, von hier in die der grösseren Bündel der Blattstiele zusammenfliesst und endlich in die Stärkescheiden der Stammtheile geleitet wird, um von da aus zu den wachsenden Knospen einerseits oder zu den Ablagerungsorten (Knollen, Wurzeln u. s. w.) andererseits hingeleitet zu werden. Ein zweiter Grund für diese Annahme liegt darin, dass die Stärke in den Stärkeschichten der jüngeren Stammtheile und Blattstiele schon vorhanden ist, bevor die grüne Rinde dieser Theile noch anfängt, Stärke in ihrem Chlorophyll zu erzeugen. In dem Rindenchlorophyll älterer Stammtheile findet man nach der angegebenen Behandlung ebenso Stärke, wie in dem Chlorophyll der fertigen Blätter; aber die jungen Stammglieder, welche sich soeben fertig gestreckt haben, in denen die Stärke, welche zur Ernährung ihrer Zellhäute diente, verschwunden ist, führen in ihrem sich erst ausbildenden Chlorophyll noch keine Stärke, während der Stärkering gerade in diesem Falle immer Stärke enthält. Die letztere kann also nicht in dem Chlorophyll der Rinde erzeugt sein, sondern nach dem Obigen ist anzunehmen, dass sie aus dem Chlorophyll der älteren Blätter her-

geleitet worden ist, um zu den jüngsten, noch in Streckung befindlichen Knospentheilen hingeleitet zu werden. Als Beispiel für die zuletzt angegebenen Verhältnisse mögen die jungen, fertig gestreckten, aber noch nicht weiter verholzten Stammglieder an den Gipfeltheilen der Dahlia, des Solanum tuberosum dienen.

Wenn auch der Stärkering hauptsächlich die Aufgabe haben mag, die Stärke aus dem Mesophyll der fertigen, stärkebereitenden Blätter den jüngsten Theilen zuzuleiten, welche deren zum Wachsthum ihrer Zellhäute bedürfen, so scheint andererseits die Annahme einer Querleitung nach innen doch auch nöthig zu sein; denn nach vollendeter Streckung beginnt die Verdickung der Bastzellen, die Ausbildung des Holzes u. s. w. in den Gefässbündeln, welche von den Stärkescheiden begleitet werden; das Material zu dem Wachsthum dieser Zellhäute kann wohl nirgends anders herkommen, als aus dem benachbarten Stärkering.

In einem Falle scheint mir die Stärkewanderung in der Stärkeschicht der Internodien unzweifelhaft, nämlich gegen das Ende der Keimung hin. Wenn sich das oberhalb der Cotyledonen stehende, die Knospe tragende Stammglied schon gestreckt hat, so führen die Cotyledonen grosssaamiger Pflanzen (Phaseolus, Amygdalus, Citrus) noch reichlich Oel und Stärke, welche offenbar zur Ausbildung der Knospentheile dienen. Zwischen dem Nahrungsmagazin in den Cotyledonen und den nahrungsbedürftigen Knospentheilen bildet nun die Stärkeschicht in dem dazwischen liegenden Internodium die Vermittlung; sie führt so lange Stärke, als in den Cotyledonen noch solche vorhanden ist und der Knospe also noch zugeführt werden kann. Ganz ähnlich ist das Verhältniss zwischen dem Endosperm der Gräser und der Blattknospe des schon weiter vorgerückten Keimes, wobei allerdings das Schildchen noch als weiterer Vermittler der Leitung auftritt (siehe unten). Ich stelle mir vor, dass das Verhältniss während der Vegetation ein ähnliches ist. So wie für die wachsende Keimknospe die Cotyledonen oder das Endosperm das Nahrungsmagazin bilden, so sind die fertigen Blätter der vegetirenden Pflanze das Magazin, aus welchem die Knospen ihre Zellstoffbildner beziehen und der Weg, auf dem diese von den Blättern zu den Knospen hinziehen, wird durch die stärkeführende Schicht der Gefässbündel bezeichnet.

IV. Die Stärke in dem Chlorophyll.

Auf das allgemeine Vorkommen von Stärke in den Chlorophyllkörnern machte Hugo v. Mohl zuerst aufmerksam in seinen „Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls" (Dissert. v. J. 1837 in den vermischten Schriften p. 355); er entdeckte sie zuerst in den Chlorophyllkörnern der Chara flexilis, dann auch bei anderen Charen; „bei solchen Conferven, deren Röhren auf ihrer inneren Seite mit Chlorophyllkörnern überzogen sind, sowohl bei Arten des süssen Wassers, wie Conferva glomerata, fracta, aegagropila, als bei denen des Meerwassers, wie C. rupestris, zeigte sich auf die Einwirkung von Jod in jedem Chlorophyllkorn ebenfalls ein sich bläuendes Amylumkorn, in manchen Fällen auch mehrere." Ferner fand er Stärke in dem Chlorophyll der Blattzellen von Vallisneria spiralis, Tradescantia discolor; er fand je ein Stärkekorn im Chlorophyll der Porenzellen der Epidermis bei allen Pflanzen, die er darauf untersuchte, in den Epidermiszellen von Aspidium exaltatum, von Calla aethiopica, dem Blattparenchym von Abies pectinata, Pinus alba, Camellia japonica, in der äussersten unter der Epidermis liegenden Zellenschicht des Mesophylls von Iris fimbriata, der mittleren und äusseren Schicht des Mesophylls von Orontium japonicum; zwei bis drei oder mehr Stärkekörner fand er in den Chlorophyllkörnern des Mesophylls von Aspidum exaltatum, Sempervivum tectorum, den Markzellen der Stapelia maculata, dem Blattstiel von Pothos lanceolata, und in deren mittlerer Mesophyllschicht; ebenso in manchen Chlorophyllkörnern der Blätter von Tradescantia discolor, Abies pectinata, und bei Charen. Sehr viele kleine Stärkekörnchen fand er in den Chlorophyllkörnern neben denen der vorhin genannten Art, durch mannigfache Mittelstufen in sie übergehend, z. B. im Blattstiel von Pothos lanceolata, in der äussersten, aus senkrechten Zellen gebildeten Schicht der Oberfläche des Blattes, in den äussersten Zellschichten beider Blattseiten von Orontium japonicum, und zwar hier gemichst mit Chlorophyllkörnern, welche einen grossen Kern von Amylum enthalten; bei Sedum anglicum gehörten alle Chlorophyllkörner des Blattes zur letzten Form; endlich fand er so kleine Körnchen im Chlorophyll, dass sie mit Jod nur schwierig als Stärke zu erkennen waren, doch zweifelt v. Mohl nicht an ihrer Stärkenatur, da sie alle Uebergänge zu den sich bläuenden

boten; er nennt diese Form die gewöhnlichste und führt als Beispiel an: die Blätter von Sanseviera zeylanica, die Rindezellen von Stapelia maculosa, die äussere Schicht der Rinde von Cactus hexagonus, das Mesophyll von Dracaena draco-ferrea, Calla aethiopica, Pancratium illiricum, die mittleren Blattstiele von Iris fimbriata, manche in den äussersten Blattschichten liegende Chlorophyllkörner bei Orontium japonicum.

Nägeli nennt das Vorkommen von Stärke im Chlrophyll eine „regelmässige Erscheinung“ und weiter „in den Chlorophyllbläschen zeigen die Stärkekörner ein so allgemeines Vorkommen, dass es als Ausnahme zu betrachten ist, wenn sie daselbst mangeln“ (Pflanzenphysiolog. Unters. II, p. 398). Die letztere Bemerkung glaube ich nach v. Mohl's, Nägeli's eigenen und meinen Beobachtungen dahin abändern zu müssen, dass das Chlorophyll der fertigen Blätter u. s. w. allgemein Stärke führt, das noch junge Chlorophyll junger Organe enthält zuweilen noch keine.

Durch Ausziehen der Blätter mit Alcohol und nachheriges Liegen feiner Schnitte in kaltem Kali, worauf sie mit Jod behandelt wurden, fand J. Böhm (Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls, Wien, Sitzungsber. 1857) die Stärke auch in solchen Chlorophyllkörnern, wo sie vorher noch nicht aufgefunden war. Durch die Sicherheit dieser Methode, von deren Brauchbarkeit ich mich vielfach überzeugte, gewinnt auch Böhm's Angabe an Sicherheit, dass bei manchen (wenigen) Pflanzen in keinem Entwickelungsstadium Stärke im Chlorophyll zu finden ist; so bei Asphodelus luteus, Allium fistulosum, Orchis militaris, Lactuca sativa.

Durch Bleichen der Blätter in Alcohol, nachheriges Erwärmen in Kali, Auswaschen, Neutralisiren mit Essigsäure und Zusatz sehr verdünnter Jodlösung, fand ich die Stärke in den Chlorophyllkörnern fertiger Blätter (von Solanum tuberosum, Sambucas nigra, Robinia pseudacacia, Brassica oleracea, Beta vulgaris, Ricinus communis, Ilex Aquifolium, Phaseolus vulgaris und, was besonders hervorzuheben ist, den Blättern von Dahlia variabilis) überall, wo ich sie aufsuchte; ebenso im Chlorophyll der Rinde fertiger Internodien, und in allen Porenzellen oberirdischer Theile*). Nur in Allium Cepa fand ich nirgends Stärke.

---

*) Die sehr grossen Porenzellen auf den jungen Kartoffelknollen und ihren Tragfäden enthalten keine.

In der oben genannten Abhandlung p. 358, 359, 360 behandelt v. Mohl auch die Frage, ob die Chlorophyllkörner selbst oder die in ihnen enthaltenen Stärkekörner die ursprünglichen primären Gebilde seien. Indem er die allgemeine Beantwortung dieser Frage noch unentschieden lässt, führt er an, „dass das Clorophyll der zuerst gebildete Theil ist, scheint bei den Conferven, besonders den Zygnemeen, keinem Zweifel unterworfen zu sein, indem bei diesen mit dem Alter der Pflanze die Grösse der Amylumkörner immer zunimmt, und in jungen Fäden häufig schon eine sehr bedeutende Ablagerung von Chlorophyll gefunden wird, während die Amylumkörner noch äusserst klein sind.“ Dagegen kommt er zu der Ansicht, es sei ihm weit wahrscheinlicher, dass in den Blättern die Amylumkörner sich zuerst bilden und erst später ihre Chlorophyllhülle erhalten; dafür spreche auch der Umstand, dass bei nicht gestielten, also von der Spitze gegen die Basis zu wachsenden fleischigen Blättern, die in den Zellen enthaltenen Körner, je weiter die Zellen gegen die Mitte und die Basis des Blattes zu liegen, desto mehr sich von der Beschaffenheit der Chlorophyllkörner entfernen und die der reinen Amylumkörner annehmen, d. h. eine desto dünnere und lichter gefärbte grüne Hülle besitzen oder derselben auch ganz entbehren. Aus diesem Umstande erhellt nämlich, dass alle Zellen die Fähigkeit haben, Amylumkörner zu bilden, dass aber zur Bildung des Chlorophylls der Einfluss des Lichts und ein gewisses Alter der Zellen gehören. Man muss daher diese Hülle als eine nur unter gewissen Umständen zu den Amylumkörnern hinzukommende betrachten und kann sie nicht für die ursprüngliche und die Amylumkörner für die secundäre Bildung erklären. Im Gegensatz zu dieser Anschauungsweise v. Mohl's möchte ich eine andere Ansicht geltend machen, die allerdings auf theoretischem Wege gewonnen ist, aber doch auch durch Beobachtungen bestätigt wird. Ich glaube die Stärke, welche während der Entwicklung der Blätter in ihnen auftritt, ist zwiefacher Herkunft; so lange die Blätter noch sehr jung sind, beziehen sie ihre Stärke aus den Ablagerungsorten derselben, also zunächst aus den Stärkeschichten des Stammes, welche sich bis in die Knospentheile hineinziehen; diese zugeleitete Stärke dient dazu, das Material zum Wachsthum der jungen Blattzellen zu liefern; daher findet man bis zu der Zeit, wo das Blatt seine definitive Grösse annimmt, Stärke, aber um so weniger, je weiter die Entwicklung vorrückt. Ist das Blatt vollständig ausgebildet, so

bedarf es keiner zugeleiteten Stärke mehr, und statt dessen fängt nun das Chlorophyll an, in sich selbst Stärke zu erzeugen, die ihrerseits jetzt durch die Stärkeschichten den jüngeren Organen zufliesst. Wo die Entfaltung der Blätter am Licht stattfindet und schon in den sehr jugendlichen Blättern Chlorophyll auftritt, können beide Prozesse sich vermischen; es können die im Wachsthum begriffenen Zellen noch Stärke zugeführt erhalten, und doch zugleich in dem bereits gebildeten Chlorophyll die erste Erzeugung neuer Stärke beginnen. Meine in dieser Beziehung an Beta vulgaris, Ricinus communis, Robinia und Sambucus nigra gemachten Untersuchungen widersprechen der eben entwickelten hypothetischen Ansicht nicht, doch muss ich zugeben, dass die Beobachtungen ihrer Natur nach so misslich sind, dass ein bündiger Beweis nicht leicht zu führen ist. Gebleichte*) Keimpflänzchen von Beta vulgaris zeigten in solchen Cotyledonen, welche sich eben erst zu entfalten begannen, alle Zellen mit Stärke erfüllt; solche Cotyledonen, welche dagegen schon ihre definitive Grösse erreicht hatten, boten nur spärliche Stärkekörnchen in dem chlorophyllreichen Gewebe; endlich Cotyledonen, die seit etwa 8 Tagen schon vollständig entfaltet waren, schienen mir wieder weit reicher an Stärke, als die der zweiten Beobachtung. Bei Robinia pseudacacia zeigten Blättchen von 1 C.M. Länge, die aber schon grün sind, Stärke in den Stärkeschichten der Bündel, aber im Mesophyll nur Spuren davon. Die älteren Blättchen von 2 C.M. Länge hatten in den beiden mittleren Mesophyllschichten sehr viel Stärke im Chlorophyll; die fertig ausgewachsenen 3 C.M. langen Blättchen hatten in den drei oberen Mesophyllschichten Stärke, während sie in dem spongiösen Gewebe der Unterseite fehlte. Bei Sambucas nigra fand ich in sehr jungen, älteren und reifen Blättchen reichlich Stärke.

Es ist klar, dass die jüngsten Blätter, so lange sie nicht grün sind, keine Stärke aus ihren entfernteren Bestandtheilen erzeugen können, dass sie diese vielmehr durch Zuleitung unter irgend einer Form anders woher beziehen müssen; es ist möglich, dass ein Theil dieser zugeleiteten Stärke sogleich in dem sich bildenden Chlorophyll erscheint, allein es ist nicht möglich, dass alle Stärke im Chlorophyll der Blätter durch Zuleitung dahin komme, denn die Blätter sind ja nach der Keimung, wo kein Nahrungsreservoir

*) Durch mehrtägiges Verweilen in Alcohol am Licht.

vorhanden ist, wo sich nirgends Stärke findet, die einzigen Organe, welche Stärke aus unorganischen Nährstoffen erzeugen können. Wenn man am Ende der Keimung bei Mais und Phaseolus nur noch Spuren von Stärke findet (in den Spaltöffnungen und nahe der Terminalknospe), später dagegen, wenn mehrere neue Blätter fertig sind, in ihrem Chlorophyll und in den Stärkescheiden Stärke antrifft, so muss man diese für neu erzeugt halten, und es ist natürlich, ihre Erzeugung den fertigen Organen zuzuschreiben und nicht denen, die sich noch mit ihrer eigenen Ausbildung beschäftigen und selbst Stärke zu ihrem Zellenwachsthum brauchen. Bei vegetirenden Maispflanzen fand ich die jüngsten Blattscheiden mit Stärke völlig erfüllt, die eben fertig gestreckten fast oder ganz ohne Stärke, die älteren dagegen führten wieder in den Stärkescheiden und sogar in dem Parenchym Stärke, eine Erscheinung, die man, wie ich glaube, dahin deuten kann, dass während der Ausbildung der Blattscheiden die Stärke zum Wachsthum der Zellhäute verbraucht wird, wofür auch das Auftreten von Zucker während dieser Zeit spricht; wenn dann das fertige Blatt selbst Stärke erzeugt, so wandert diese in die Stärkeschichten der Bündel abwärts durch die Scheiden zum Knoten, um sich in Gefässbündelscheiden des Stammes zu den jungen Organen hinzuziehen.

Bei Beta vulgaris überzeugte ich mich davon, dass die Stärke in den jungen Porenzellen noch nicht vorhanden ist, dass sie aber nach völliger Ausbildung der Spaltöffnung niemals fehlt.

Alle diese Beobachtungen lassen noch viel zu wünschen übrig, aber sie widersprechen der oben gegebenen Auffassung nicht.

Nägeli (a. a. O. 398) sagt, das Entstehen der Stärkekörner innerhalb des Chlorophylls lasse sich oft verfolgen: „Das Korn besteht anfänglich aus homogenem, grünem Schleim; in demselben treten kleine Pünktchen auf, welche sich vergrössern, und bei hinlänglicher Grösse als Stärkekörner erkannt werden. Dieselben bleiben in den einen Fällen ziemlich klein und zeitlebens von dem Chlorophyll umschlossen. In anderen Fällen dagegen vergrössern sie sich fortwährend, verdrängen nach und nach das umgebende Chlorophyll und werden zuletzt frei."

In den Röhrenzellen junger Charenzweige*) (p. 398) fand er in den Chlorophyllkörnern 1—4 schwach begränzte Stärkekörner; in älteren Zweigen sind die Chlorophyllkörner bedeutend grösser

*) Chara hispida L.

und ganz mit den Stärkekörnern erfüllt, so dass die (1—7) an einander stossenden Stärkekörner nur noch von einer dünnen Lage Chlorophyll überzogen sind; in noch älteren Zweigen ist das letztere ganz verschwunden, und nur die farblosen Stärkekörner übrig.

Von Cramer (a. a. O. p. 399) wurde die Amylumbildung im Chlorophyll von mehreren Gefässpflanzen untersucht. In dem Mark- und Rindenparenchym von Opuntia coccinellifera findet man wandständige flache Chlorophyllkörner, die von 1—8 Stärkekörnern mehr oder weniger vollständig ausgefüllt werden, nachher werden sie farblos. In dem grünen Blattparenchym von Begonia sind die Chlorophyllkörner nach Nägeli anfänglich vollkommen homogen und bestehen blos aus grün gefärbtem Plasma; wenn sie grösser geworden sind, so bemerkt man darin 2—7 glänzende Pünktchen; in noch grösseren Chlorophyllkörnern finden sich 1—3, seltener 6 Amylumkörner; mit dem Wachsthum der letzteren wird das grüne Plasma verdrängt und zuletzt findet man nur farblose Stärkekörner.

In den „Chlorophyllbläschen" der Zygnemaceen und Desmidiaceen (p. 402) soll sich eine aus Stärke bestehende Hohlkugel bilden, welche später in einzelne Körner zerfällt.

Bei verschiedenen Palmellaceen*) beobachtete ich das Auftreten feiner punktförmiger Stärkekörnchen innerhalb der grünen Zellen, ihr Grösserwerden und endlich die völlige Ausfüllung dieser Zellen mit vielen und ziemlich grossen Stärkekörnern, wo dann zuletzt das Chlorophyll vollständig verschwindet.

Aus diesen Beobachtungen kann man wohl nicht anders, als den Schluss ziehen, dass die Stärkekörner das Produkt der chemischen Thätigkeit des Chlorophylls sind.

Auch Arthur Gris (Recherches microscopique sur la chlorophylle in Annales des sciences nat. 1857. Tom. VII.) führt unter No. VI seiner Propositionen den Satz auf: „En général les noyaux amylacés, qu'on trouve au milieu de grains de chlorophylle, sont postérieurs à la transformation de la gélées en granules (pomme de terre**), Hortensia, Magnolia)." Gegen die allgemeine Gültigkeit dieser Regel macht es nicht einmal eine Ausnahme, wenn er unter V. anführt: „La formation des grains peut résulter du développe-

*) Protococcus und Scenodesmus.

**) Blätter.

ment de gros noyaux d'amidon, qui s'envéloppent de gélée verte et s'isolent peu à peu (Aucaba Japonica)."

Die Gegenwart von Oel im Chlorophyll ist von Nägeli (a. a. O. p. 400 u. 401) beobachtet worden. In den Parenchymzellen des Markes von Rhipsalis funalis Salm fand sich Oel neben Stärke in den Chlorophyllkörnern. „Unter der Epidermis des Stengels von Cereus variabilis Pfeiff. befinden sich mehrere Zellschichten mit wandständigen Chlorophyllkörnern. Dieselben sind vorzüglich um den Zellkern angehäuft und enthalten jedes im Innern meist eine grössere Menge von glänzenden Kügelchen. Man zählt deren 4 bis über 20. Durch absoluten Alcohol werden die Chlorophyllkörner entfärbt und die glänzenden Kügelchen in ihrem Innern verschwinden vollständig. — Statt der verschwundenen Oeltröpfchen sieht man eine gleiche Zahl von kleinen, röthlich erscheinenden Höhlungen." *)

Diese Beobachtungen scheinen zu beweisen, dass schon am Entstehungsorte selbst die Stärke durch Oel substituirt werden kann, so wie sie in den Saamen dadurch vertreten wird.

Die Stärke scheint nur durch Chlorophyll ursprünglich, d. h. aus ihren entfernteren Bestandtheilen erzeugt werden zu können, wenigstens lässt die Stärke der nicht chlorophyllhaltigen Organe und Pflanzen sich als blos abgeleitete betrachten. Soweit dies von nicht grünen Theilen grünblättriger Pflanzen gilt, werden die Gründe für die eben gemachte Annahme aus den unten mitzutheilenden Beobachtungen hergenommen werden. In Bezug auf die nicht grünen Schmarotzer, die dennoch Stärke enthalten, machte ich an Cuscuta Hassiaca (?) Koch eine Beobachtung, die mir keinen Zweifel darüber lässt, dass ihre Stärke nicht von ihr selbst, sondern von der Nährpflanze bereitet wird. An den Stengeln von Medicago sativa, welche von der Cuscuta nur erst theilweise umschlungen waren, fand ich an denjenigen Stellen, welche von den umwindenden Schmarotzertheilen entfernt waren, den Stärkering der Medicago mit Stärke erfüllt, auch in der grünen Rinde derselben fand sich Stärke. Dagegen fand ich in der Nähe der Saugwurzeln der Cuscuta in der Medicagorinde keine Stärke mehr, die sich dafür aber in grosser Menge in dem

*) Aeltere vegetative Theile der Moose enthalten nach Nägeli (a. a. O. 584) zuweilen reichlich Oel (Dicranum scop.); doch findet man ziemlich regelmässig kleine Amylumkörnchen im Chlorophyll.



Parenchym der Saugwurzeln, der Rinde und des Markes von Cuscuta vorfand. Diese Erscheinung war besonders an solchen Stellen recht deutlich, wo die Saugwurzeln erst vor kurzem sich in die Rinde der Medicago eingebohrt hatten; in der unmittelbaren Nähe derselben schien das Rindengewebe völlig gesund, nur fehlte ihm die Stärke, welche noch in den entfernteren Zellen reichlich zu finden war.

Nach Nägeli enthält auch Lathraea und Orobanche Stärke, welche Schmarotzer ebenfalls kein Chlorophyll enthalten. Nägeli's Bermerkung (a. a. O. p. 390), dass beim Blühen der Orobanche die Stärke von unten nach oben verschwinde, erinnert an die Keimung grosssaamiger Pflanzen. Das Verhältniss des Keimes zu seinem Endosperm ist wohl ungefähr dasselbe, wie das des Schmarotzers zu seiner Nährpflanze; jedenfalls ist die Verbindung zwischen jenen nicht inniger als zwischen diesen.

Die allermeisten nicht grünen Pflanzen enthalten dagegen nicht Stärke, sondern Oel und Zuckerarten, welche sie, wie es scheint, aus den Zersetzungsproducten anderer Pflanzen erzeugen. So enthalten die grösseren Schwämme Oel und häufig viel Mannit (Schwammzucker*); die Chroococcaceen und Nostochaceen, welche kein Chlorophyll und niemals Stärke enthalten**), bilden Oel, welches sie wohl ebenfalls aus Zersetzungsproducten organischer Stoffe erzeugen. An dem aus chlorophyllhaltigen Algen bestehenden Wandbeleg in Glasgefässen sah ich öfters die grüne Färbung im Umkreise solcher Stellen verschwinden, wo Oscillarienhaufen sich zu entwickeln anfingen; die Erscheinung machte mir immer den Eindruck, als ob die Oscillarien auf die sie umgebenden chlorophyllhaltigen, also stärkebildenden Algen tödtlich wirkten; sie leben wahrscheinlich von deren Assimilationsproducten. Auch für die nicht grünen Diatomeen, Corallineen, Fucoideen, Florideen macht ihr Aufenthaltsort eine Ernährung durch organische Zersetzungsproducte mehr als wahrscheinlich; sie enthalten nach Nägeli keine Stärke oder nur Spuren davon***). Monotropa (ohne Clorophyll) enthält nach Schacht niemals Stärke, und soll mit ihrer Ernährung auf die Zersetzungsproducte der Nadelwälder angewiesen sein, sie würde in dieser Hinsicht also den nicht schmarotzenden Pilzen sehr nahe stehen.

*) Rochleder, Phytochemie p. 247 u. f.

**) Nägeli a. a. O. p. 531.

***) Nägeli a. a. O. p. 532 u. 533.

Aus diesen Thatsachen scheint der Schluss gezogen werden zu müssen, dass nur in den Chlorophyllkörnern Stärke durch Assimilation erzeugt werde, dass dagegen alle nicht grünen Theile ihre Stärke aus dem von dem Chlorophyll bereiteten Materiale beziehen oder dass sie gar keine Stärke, sondern andere Zellstoffbildner enthalten, deren Material aber doch in letzter Instanz vom Chlorophyll grüner Pflanzen in Form von Stärke erzeugt wird.

V. Stärke in jungen Organen.

Trotz vielfacher Bemühungen war es mir nicht möglich, Stärke in dem Urmeristem der Vegetationspunkte aufzufinden, obgleich dieselbe sogleich nach der Sonderung des jungen Gewebes in Parenchym und Gefässbündel unterhalb jener regelmässig im jungen Parenchym auftritt. Ebenso fand ich bei jungen, erst aus wenigen Zellen bestehenden Anlagen der Embryonen bei Zea und bei Ricinus, in denen später sehr viel Stärke auftritt, keine solche; auch giebt v. Mohl (verm. Schrift. p. 361) an, es finde sich in der wachsenden Spitze der Conferveufäden zwar Chlorophyll, aber noch keine Stärke, welche dagegen in den älteren Fadentheilen auftritt. Auch die in Theilung begriffenen Zellen des Cambiums der Gefässbündel enthalten nach Nägli's Angabe und nach meinen grade auf diesen Punkt gerichteten Beobachtungen niemals Stärke. Schacht (Anat. u. Phys. d. Gew. II, 375) sagt: das Stärkemehl scheine überhaupt mit der Bildung neuer Zellen nicht verträglich zu sein; er kenne zum wenigsten keinen Fall einer Zellenbildung bei Gegenwart von Stärkemehl in der Mutterzelle.

Dafür fand ich aber immer in der nächsten Nachbarschaft solcher Gewebe, welche in Zelltheilung begriffen sind, deutlich Stärke, z. B. im fertigen Gewebe der Saamenknospe, wenn das Endosperm oder der Embryo anfängt, sich zu bilden; dasselbe gilt von der Stärkeschicht der Gefässbündel in Bezug auf das Cambium und den Bast.

Die in der Nähe der Theilungsgewebe abgelagerte Stärke kann wohl keinen anderen Zweck haben, als den, den sich theilenden Zellen das Material für die Bildung der primären Zellmembranen zu liefern. In welcher Form dieses aus der Stärke abzuleitende Material in den sich theilenden Zellen zugegen ist, ist

unbekannt; möglich, dass es in Gestalt von Zucker mit dem Plasma vereinigt ist; in manchen Fällen (junges Endosperm bei Ricinus) lässt sich derselbe nachweisen.

Sobald dagegen die Zelltheilung in dem jungen Parenchym aufhört und die Kanten auseinander zu weichen beginnen, um feine Interzellularräume zu bilden, findet sich in den noch sehr kleinen Zellen regelmässig Stärke, von der es ungewiss ist, ob sie immer in Gestalt von Körnern in dem Plasma liegt. Gewiss ist aber, dass diese Stärke völlig verschwindet, während die sie enthaltenden Zellen sich ausdehnen. Daher kommt es, dass man in den Knospen unterhalb der merismatischen Gewebe Stärke findet, die den schon ausgedehnten aber noch jungen Theilen fehlt.

Bei der Entfaltung der Primordialblätter des Bohnenkeimes sind die Zellen der Unterseite des Mesophylls schon nicht mehr in Theilung begriffen und enthalten Stärke, während dicht daneben die der Oberseite, welche noch in lebhafter Zelltheilung begriffen sind, keine Stärke führen.

Ebenso findet sich immer feinkörnige Stärke in dem jungen Parenchym der Wurzelrinde, welches unmittelbar über der wachsenden Spitze liegt, also an der Stelle, wo die Streckung stattfindet. Die Wurzelhauben aller Wurzeln, welche ich bis jetzt untersuchte (vorzüglich Phaseolus, Zea, Solanum tuberosum, junge Pflanzen von Convolvulus tricolor, Amygdalus communis, von Cruciferen u. s. w), enthalten jederzeit Stärke, zuweilen sind ihre Zellen damit ganz erfüllt; schon die allerjüngsten Nebenwurzeln, welche noch in der Rinde der Mutterwurzel stecken, führen Stärke in ihren Hauben (Phaseolus, Faba, Zea).

Am deutlichsten treten diese Verhältnisse während der Keimung hervor. Die Art und Weise, wie in den Keimen die Reservestoffe in die Wurzel, die Stengelglieder, die Knospentheile eintreten, sich dort in Zucker verwandeln, und wie dann bei der Streckung der einzelnen Theile die in sie übergegangenen Stoffe verschwinden, lässt keinen Zweifel darüber, dass sie zum Wachsthum der Zellhäute verwendet werden. Wenn dann gegen das Ende der Keimung hin der noch vorhandene Nahrungsvorrath im Endosperm oder den Cotyledonen von der wachsenden Knospe durch ein oder mehrere Stengelglieder getrennt ist (Phaseolus, Zea), so bildet die stärkeführende Schicht, welche die Gefässbündel begleitet, die Verbindung zwischen der noch vorhandenen Nahrung und dem Orte, zu dem sie hingeleitet werden soll, der Knospe.

In den sich streckenden Keimtheilen lässt sich jederzeit vom Anfang der Streckung bis zu ihrer Beendigung deutlich Zucker nachweisen, der aus der dorthingeleiteten Stärke (oder dem Fett, oder Inulin) entsteht.

Wenn man nun nach der Keimung während der Vegetation in den vegetirenden Knospen ebenfalls Stärke in den sich streckenden Geweben findet, wenn man von dort aus die Stärke durch die Stärkeschichten der Stammglieder bis zu dem Mesophyll der fertigen Blätter verfolgen kann, und dieses Mesophyll in seinen Chlorophyllkörnern eine sehr bedeutende Menge von Stärke erzeugt, so geht man wohl nicht zu weit, wenn man hier einen ähnlichen Zusammenhang annimmt, wie bei der Keimung; das Mesophyll ist das Stärkereservoir, entsprechend dem Endosperm oder den Cotyledonen der Keimpflanzen; aber dieses Magazin wird während der Vegetationszeit nicht erschöpft, wahrscheinlich, weil die Stärke, die ihm für den Bedarf der Knospen entzogen wird, sich durch Thätigkeit des Chlorophylls immer wieder ersetzt.

Ob die Stärke in den sich streckenden Geweben, wo sie zur Erzeugung des Zellstoffs verwendet wird, immer erst in Zucker übergeht, ist ungewiss. In den Wurzeln und den ersten Stammgliedern der Keimpflanzen tritt diese Verwandlung immer ein, dagegen ist sie in dem jungen Parenchym der Knospen und besonders bei der Streckung der Blätter mit Kupfervitriol und Kali nicht immer nachzuweisen.

VI. Beobachtungen über das Verhalten der Stärke und ihrer Umwandlungsproducte während der Keimung einiger Pflanzen.

Während die vorstehenden Bemerkungen dazu dienen sollten, durch Zusammenstellung der mir bekannten Thatsachen ein Princip für die Beurtheilung zu gewinnen, möchte ich in den folgenden Abschnitten eine Reihe von Beobachtungen mittheilen, wo die Veränderungen, von denen ich bisher gesprochen habe, in ihrem natürlichen Zusammenhange sich darstellen. Ich kann hier nur diejenigen Beobachtungen hervorheben, welche sich auf den Zusammenhang zwischen dem Wachsthum der Zellhäute einerseits und die Veränderungen in Bezug auf Stärke, Zucker, Oel, Inulin u. s. w. andererseits beziehen, so weit sie also für oder wider die in der

Einleitung ausgesprochene Ansicht sprechen. Eine weitere Ausführung der einzelnen Beobachtungen würde der Klarheit, wie ich glaube, schaden und die vorliegende Abhandlung ungebührlich erweitern.

I. Keimung von Keimen mit stärkehaltigen Cotyledonen.

Phaseolus multiflorus. Die erste Lebensregung des Keimes macht sich dadurch geltend, dass sich sämmtliche Parenchymzellen der Keimaxe mit kleinen Stärkekörnern dicht anfüllen, die offenbar aus den Cotyledonen herrühren; dann tritt unterhalb des Cotyledonenansatzes im Mark und Rinde der Axe Zucker auf, und gleich darauf erfolgt die erste Streckung der Wurzel und des hypocotylen Gliedes, wobei die Saamenschale durchbrochen wird.

Der Zufluss von Stärke aus den Cotyledonen in die sich streckenden Keimtheile dauert ununterbrochen bis zur völligen Erschöpfung der Stärke im Cotyledonen-Parenchym fort. Zuerst entleert sich die Basis und dann schreitet die Auflösung der Stärkekörner gegen die Spitze der Cotyledonen hin fort. Zucker findet sich während dieses Prozesses in den Cotyledonen niemals; man findet die verschiedensten Auflösungsstadien der ovalen grossen Körner, und in den Zellen, welche offenbar die Fortleitung der Stärke besorgen, nimmt die transitorische Stärke die Gestalt kleiner maulbeerförmiger Körner an.

In den schon stärkeleeren Theilen der Cotyledonen bleibt diese noch in den die Gefässbündel umgebenden Schichten, bis sie zuletzt auch aus diesen verschwindet.

Während die Hauptwurzel des Keimes sich streckt, findet noch eine Zeit lang Zufluss von Stärke Statt, welche in Zucker übergeht; in den fertig gestreckten Theilen ist beides verschwunden.

Indessen vergrössert sich das Stammglied über den Cotyledonen, welches die Primordialblätter trägt, langsam, während seine Zellen mit Stärke erfüllt bleiben; dann tritt rasch eine von unten nach oben fortschreitende Streckung auf, welche mit Zuckerbildung in dem betreffenden Parenchym verbunden ist; sobald das epicotyle Glied fertig gestreckt ist, sind Stärke und Zucker aus seinem Parenchym verschwunden, nur im Stärkering, welcher die Knospe mit den Cotyledonen verbindet, bleibt noch Stärke.

Die Streckung der Nebenwurzeln ist ebenfalls von Zuckerbildung in ihrem Parenchym begleitet; der Zucker verschwindet auch hier, sobald die Wurzeln ihre definitive Länge erreicht haben.

In den Primordialblättern füllt sich gleich anfangs die untere Schicht des Mesophylls mit Amylum; diese Zellen sind schon in ihrer definitiven Anzahl vorhanden; die obere Schicht beginnt dagegen ihre Zelltheilungen und bleibt leer von Stärke. Sobald diese Blätter völlig entfaltet sind, führen nur noch die Porenzellen Stärke.

Unterdessen bildet die Knospe neue Blätter und Internodien, deren Gewebe, sobald es nicht mehr merismatisch ist, sich mit feinkörniger Stärke erfüllt, die von den Cotyledonen her durch die Stärkeschicht des ersten Internodiums zugeleitet wird, und verschwindet, sobald diese Theile sich strecken. Am Ende der Keimung findet sich nirgends Stärke, als in der Nähe der Terminalknospe, der Porenzellen, der Wurzelhauben und allenfalls noch im Stärkering; Zucker ist nirgends nachzuweisen.

Anmerkung. Eine eingehendere Betrachtung findet man in meiner Abhandlung: „Physiolog. Unters. über die Keimung der Schminkbohne. Sitzungsberichte d. Kais. Akad. d. Wiss. 1859, Wien.

Quercus pedunculata. Das Verhalten des Zuckers wurde hier nicht mit untersucht, weil die Reaction wegen der überaus grossen Gerbstoffmenge im Keim fast unthunlich ist.

Auch hier erfolgt bei dem ersten Anfang der Keimung ein Erguss von Stärke aus den Cotyledonen in die Keimaxe.

Während der Streckung der Wurzel verschwindet die Stärke aus ihrer Rinde, da sich aber noch zahlreiche Nebenwurzeln zu bilden haben und die Hauptwurzel selbst noch verholzt, so findet nach der Streckung noch lange Zeit Zuleitung von Stärke Statt, welche durch den Stärkering und das Mark herbeigeführt wird.

Aehnlich ist es im Keimstengel; er füllt sich anfangs, wo er langsam sich ausdehnt, dicht mit Stärke an, die dann, wenn er sich streckt, zum grössten Theil verschwindet; Stärkeschicht und Mark unterhalten aber den Stärkezufluss von den Cotyledonen zur Knospe hin und finden sich daher auch in dem schon fertig gestreckten Keimstengel so lange mit Stärke erfüllt, als die ersten Laubblätter sich entfalten. Aus den ersten Schuppen des Stengel, welche anfangs ebenfalls voll Stärke sind, verschwindet sie frühzeitig, da deren definitive Ausbildung schnell beendigt ist.

Bei Eichenkeimpflanzen, welche im Frühjahr gekeimt hatten, fand ich mehrfach selbst im Spätherbst noch reichlich Stärke in den Cotyledonen, die vielleicht im zweiten Frühjahr noch einmal als Reservenahrung dient.

2. Keime mit stärkehaltigem Endosperm.

Zea Mais und Triticum vulgare. Der Embryo enthält neben Fett auch Stärkekörnchen, bald mehr, bald weniger. Die Aufnahme der Endospermstoffe in den Keim wird durch das Scutellum vermittelt, dessen breite, dem Endosperm zugewendete Fläche mit einem Epithelium überzogen ist. Obwohl die Vorgänge im Keim keinen Zweifel darüber lassen, dass die Stärke des Endosperms durch das Epithel in das Schildchen übergeht, um von dort aus in die Keimtheile zu gelangen, so findet doch darin ein räthselhaftes Verhalten Statt, dass die Epithelzellen*) niemals während dieser Zeit eine Spur von Stärke oder von Zucker erkennen lassen, was um so auffallender ist, als Zucker sich im Endosperm bildet. In dem leitenden Parenchym des Schildchens findet sich dagegen während der Keimung immerfort kleinkörnige, offenbar transitorische Stärke, aber niemals Zucker, der nur in den sich streckenden Theilen reichlich auftritt.

Vor dem Austritt der Keimwurzeln füllen sich alle Parenchymzellen des Keimes mit Stärke, dann beginnt die Streckung der Wurzel, während in dem Parenchym derselben reichlich Zucker auftritt. Stärke und Zucker verschwindet aus den fertig gestreckten Wurzeltheilen.

Dann erfolgt Zuckerbildung in dem Parenchym, welches den ersten Knoten (der Wurzel und Keimstengel trennt und Gefässbündel in das Schildchen sendet) umgiebt; es dehnt sich, stösst die seitlichen Lappen der Schildchen auseinander, die Keimknospe tritt dann aus der Spalte hervor, und während sich Zucker im ersten Internodium**) bildet, streckt sich dieses.

*) Sie enthalten Oeltröpfchen und Plasma; sie stehen senkrecht auf der Fläche des Schildchens, und sehen bei Triticum und Hordeum dem Cylinderepithel, wie es bei Thieren häufiger ist, sehr ähnlich.

**) Dieses erste Internodium hat einen geschlossenen Gefässbündelkreis (keine zerstreuten Bündel), der das Parenchym im Mark und Rinde sondert, und mit einem Stärkering umgeben ist.

In den Blattgebilden der Keimknospe erfolgen dieselben Prozesse; die erste Scheide, anfangs mit Stärke erfüllt, streckt sich bei Zuckerbildung, dann geschieht dasselbe im ersten Blatt, dann im zweiten u. s. w. Auf Querschnitten durch das Blätterconvolut findet man in den innersten jüngsten Blättern Stärke, in den mittleren, die in Streckung begriffen sind, Stärke und Zucker, in den äusseren, welche fertig gestreckt sind, keines von beiden.

So wie bei Phaseolus bleibt auch hier in dem fertig gestreckten ersten Stammglied der Stärkering mit transitorischer Stärke erfüllt, welche die Verbindung herstellt zwischen der Stärke verbrauchenden Knospe und dem Schildchen, welches die Stärke von dem Endosperm erhält.

Anmerkung. Das Fehlen von Zucker und Stärke in dem aufsaugenden Epithel scheint darauf hinzudeuten, dass die Stärke oder deren Lösungsproduct nach ihrem Eintritt in diese Zellen mit deren Inhalt sich in eigenthümlicher Weise mischen, so dass ihre Reaction verhindert wird; in den zunächst liegenden Parenchymzellen des Schildchens tritt sogleich wieder Stärke auf, aber ohne Zuckerbildung, obgleich hier die Stärke sicherlich nur transitorisch und in Wanderung begriffen ist (s. den Abschnitt über Wanderung der Stärke weiter unten).

3. Keime, deren Cotyledonen Oel enthalten*).

Es lassen sich hier zwei Typen unterscheiden; entweder geht alles Oel der Cotyledonen in Stärke über (Citrus, Cucurbita, Amygdalus, Prunus) oder es tritt während der Keimung nur in der Stärkeschicht, welche die Gefässbündel begleitet, Stärke auf, während das Oel unter Zuckerbildung in den sich streckenden Theilen verschwindet, wie bei Helianthus annuus.

Bei Fagus sylvatica fand ich in einem Keim, dessen Wurzel sich auf 2 Ctm. verlängert hatte, während die Cotyledonen noch in der Schale waren, das ganze Parenchym der Wurzel und des hypocotylen Gliedes mit Stärke erfüllt; ebenso waren die Cotyledonen mit Stärke erfüllt.

Diese Stärke konnte nur aus dem Oel der Cotyledonen entstanden sein, denn diese enthalten im reifen Saamen nur Spuren von Stärke neben vielem Oel.

*) S. meine Abhandlung „über das Auftreten von Stärke in ölhaltigen Saamen." Bot. Zeit. 1859, No. 21.



Eine Keimpflanze von Raphanus sativus, deren Hauptwurzel 3 Ctm. lang war, deren hypocotyles Glied eben anfing sich zu strecken, während die Cotyledonen noch zusammengefaltet waren, hatte in der Wurzel weder Stärke noch Zucker (kein Fett), im hypocotylen Glied Stärke und Zucker, in den Cotyledonen Stärke und Oel.

Eine Keimpflanze von Brassica oleracea: Wurzel 2 Ctm. lang (hypocotyles Glied fängt an, sich zu strecken, Cotyledonen noch in der Saamenschale), die Wurzel enthielt weder Zucker, noch Stärke, noch Fett (d. h. sie sind bei der Streckung verschwunden); das sich erst streckende hypocotyle Glied enthielt neben Zucker noch Stärke, die Cotyledonen neben Stärke noch Fett; Stärke fand sich in den Cotyledonen in der Nähe des Medianus.

Cucurbita Pepo*) (in mehreren Stadien untersucht). Die Keimwurzel füllt sich am Anfange der Streckung mit Stärke, dann erscheint Zucker, beide verschwinden aus den fertig gestreckten Wurzeltheilen; dasselbe findet etwas später in dem hypocotylen Gliede Statt; endlich verschwindet das Fett auch aus den sich ausbreitenden Cotyledonen und es tritt transitorisch in ihnen Stärke auf.

Die Stärke erscheint zuerst in den Stärkeschichten, welche die Gefässbündel begleiten, und später erst in dem sich streckenden Parenchym, wo sie in Zucker übergeht.

Amygdalus communis. Eine 3 Ctm. lange Keimwurzel enthielt im Parenchym Stärke, in dem mittleren sich eben streckenden Theil, war diese bereits in Zucker übergegangen; die 15 Ctm. lange Hauptwurzel eines älteren Keimes enthielt im Mark noch ein wenig Oel (dieses konnte doch nur aus den Cotyledonen hergewandert sein), Stärke nur im jungen Parenchym über der Wurzelspitze und in den Wurzelhauben der Haupt- und Nebenwurzeln.

Im hypocotylen Glied enthielt Stärkering und Parenchym von Anfang bis gegen Ende der Keimung reichlich Stärke neben Oel.

In den Cotyledonen begann die Stärkebildung erst an der Basis, von wo sie später zur Spitze hin fortschritt; dabei entstand

*) Siehe landwirthschaftliche Versuchsstationen, Organ für wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiete der Landwirthschaft 7. Heft: zur Keimungsgeschichte der Kürbissaamen, von Dr. Peters.

die Stärke anfangs nur in der Stärkeschicht der die Cotyledonen durchziehenden Bündel, während sich im Parenchym das Oel als solches erhielt, doch tritt auch hier endlich Stärke auf.

Das Internodium über den Cotyledonen trägt eine mit Blättern reich besetzte Knospe, es streckt sich bedeutend, und sein Parenchym füllt sich dabei mit Stärke; in den unteren fertig gestreckten Theilen verschwindet sie unter Zuckerbildung, und nur die Stärkeschicht behält ihre transitorische Stärke, wodurch sie die Cotyledonen mit den Knospentheilen verbindet; die jungen (noch nicht grünen) Blätter sind mit Stärke erfüllt.

Prunus Cerasus und Citrus aurantium verhalten sich ganz ähnlich wie Amygdalus.

Helianthus annuus. Während der Keimung tritt Stärke nur in der Stärkeschicht der sich streckenden Theile auf, das Parenchym behält sein Oel, welches während der Streckung in Zucker übergeht. Eine Wanderung des Oels aus den Cotyledonen in das hypocotyle Glied muss hierbei, wie es scheint, nothwendig stattfinden.

4. Keime mit ölhaltigem Endosperm.

Canabis sativa zeigte in der 3 Mm. langen Keimwurzel und im hypocotylen Glied viel Stärke, die Cotyledonen enthielten nur Oel, welches sie aus dem Endosperm beziehen müssen.

Ricinus communis. In der sich streckenden Wurzel tritt Stärke, dann Zucker auf; beide verschwinden mit vollendeter Streckung; das hypocotyle Glied, von unten nach oben sich streckend, füllt sich mit Stärke, welche von unten nach oben hin in Zucker übergeht und mit vollendeter Streckung verschwindet; in den Cotyledonen findet man bis gegen das Ende der Keimung reichlich Oel, nur in dem Parenchym und den Stärkeschichten der Nerven ein wenig Stärke; die Cotyledonen scheinen das Fett als solches aus dem Endosperm aufzusaugen. Das Endosperm selbst wächst nach H. v. Mohl und dem entsprechend bildet sich in seinen Zellen Stärke (Botan. Zeit. 1861). Ich fand auch Reduction von Kupferoxydul in dem Endosperm weiter vorgeschrittener Keime.

Ganz ähnlich sind die Vorgänge bei Pinus Pinea; auch hier nehmen die Cotyledonen das Fett des Endosperms auf, welches in den Keimaxentheilen von unten nach oben in Stärke, dann in Zucker übergeht, um endlich zu verschwinden, während die be-

treffenden Gewebetheile sich ausbilden. Das ausgesogene Endosperm, von dem nur die Zellhäute übrig bleiben, wird hier wie bei Ricinus abgestreift.

5. Keime mit Zellstoff als Reservenahrung im Albumen.

Für die nahe liegende Annahme, dass der in grosser Masse abgelagerte Zellstoff des Albumens selbst als Nährstoff des Keimes auftritt, liefert Hugo von Mohl eine Beobachtung in historia naturalis palmarum von Martius im 1sten Theil: de palmarum structura von Hugo von Mohl p. XLIV §. 136: „Si palmarum semen germinat, embryo elongatur, posterior extremitas obtuse conica intumescit et albuminis cavitas, in qua embryo latet, amplificatur eadem ratione, qua corpus embryonis cotyledoneum crescit. Haec amplificatio non eo efficitur, quod albumen humore emollitur, vel in liquorem solvitur, et embryo deinde resorbet liquidum, atque evacuatarum cellularum membranas removet; sed omnes albuminis partes i. e. tam cellularum membranae, quam quae cellulis ipsis continentur, eadem ratione, qua embryo augescit, resorbentur, nec tamen ea albuminis pars, quam embryo non immediate tangit, mollitur aut alio quodam modo mutatur (Tab. P. fig. 4. dd. Corypha frigida). Albumen quidam aliquantulum mollius fit, id autem tantum modo aquae, quae in semen penetravit, adscribendum est, neque vero mutationi albuminis a germinatione effectae chemice-vitali et accidit etiam in vetere emortuo albumine in aquam immisso. Malpighium quamvis sciam in praeclara descriptione germinationis Phoenicis dactiliferae (opera posthuma London 1697, fol. pag. 72.) exponere, albumen emolliri, cellulas evacuari succis et membranas restare, non tamen possum non contrarium contendere fretus iis, quae quam accuratissime in Corypha frigida et Phoenice dactifera germinante observavi.“

Ich fand in den Albumenzellen, deren starke Verdickungsschichten sich mit Schwefelsäure und Jod bläuen, neben körnigem Plasma zahlreiche Oeltropfen; im Embryo neben Plasma viel Oel aber keine Stärke.

Sobald die Scheide des Cotyledon bei beginnender Keimung sich verlängert, findet sich in ihrem Parenchym Stärke, ebenso in den sich vergrössernden Zellen des Saugorgans (corpus cotyledoneum). Bei fortschreitender Keimung mehrt sich die Stärke auffallend in der jungen Wurzel, dem kurzen Stammtheil und den

ersten Blättern (am Grunde der Cotyledonscheide). Die sich strekkenden Theile: Scheide und Saugorgan des Cotyledon, später die Wurzel, dann die jungen Blätter reduciren viel Kupferoxydul. Die in Theilung begriffenen Zellen des aufsaugenden Epithels und die darunter liegende Schicht führen niemals Stärke, aber Oeltropfen; die ihnen nächsten Parenchymschichten aber führen immerfort Stärke, während das Saugorgan allseitig wächst.

Die Verdickungsschichten der Endospermzellen in der nächsten Umgebung des wachsenden Saugorgans finde ich stark erweicht; in dieser erweichten (in Schwefelsäure und Jod sich noch bläuenden) Zellstoffmasse liegen grössere Oeltropfen. Die primären Zellhäute des Albumens lassen sich von dem noch nnversehrten Zellen aus in die erweichte Schicht hinein verfolgen; während die erweichten Verdickungsschichten aufgesogen werden, bleiben die primären Wände übrig; sie werden von dem wachsenden Saugorgan zusammengedrückt und bilden auf dessen Epithel eine immer dicker werdende, wellig linirte Schicht. Stärke tritt im Endosperm nicht auf; Zucker und Dextrin konnte ich in der erweichten Schicht nicht nachweisen.

Es kann wohl kein Zweifel sein, dass der aufgesogene Zellstoff des Albumens das Material zur Bildung der Stärke und des Zuckers im Keim und somit den Stoff zum Wachsthum der Zellwände desselben hergiebt. In welcher Weise der Zellstoff aufgesogen wird, bleibt noch unbestimmt (Genaueres über die Keimung der Dattel werde ich anderswo mittheilen).

Ich bin nicht sicher, ob man die Vorgänge bei der Keimung von Ceratonia Siliqua in dieselbe Kategorie stellen darf, denn es scheint mir zweifelhaft, ob die hornige Masse des Albumens hier aufgesogen wird, und ob sie überhaupt aus unverändertem Zellstoff besteht; es gelang mir nicht, auf irgend eine Weise die zwischen den Albumen-Zellen liegende hornartige, in Wasser und Kali aufquellende Masse durch Jod blau zu färben, während die eigentlichen Zellhäute, welche die Zellinhalte unmittelbar umschliessen, sich hellblau färbten und sogar die Zellen der harten Saamenschale deutlich blau wurden. Die im Verhältniss zur Grundmasse des Albumens kleinen Lumina enthalten neben stickstoffreicher Substanz auch Fett. Der Embryo ist ebenfalls sehr reich an stickstoffhaltiger Substanz und fettem Oel.

Ueber das Verhalten bei der Keimung konnte ich leider nur unvollständige Auskunft erhalten, da mir von vielen Saamen nur

15*

einer keimte. Ich untersuchte ihn, als die Keimwurzel etwa 2 CM. lang war und die Cotyledonen noch in dem Albumen steckten.

Wurzelhaube und Parenchym des ganzen Keimes waren mit Stärke dicht erfüllt; nur die Vegetationspunkte und Gefässbündel (diese nur theilweise) hielten keine Stärke. Das Gewebe der Cotyledonen war von der Basis bis zur Spitze hin mit Stärke erfüllt, und was mir besonders auffiel, auch das aufsaugende Epithelium*), welches die Unterseite (äussere Seite) der Cotyledonen überzieht, war mit Stärke ganz erfüllt; die Gefässbündelstränge enthielten bereits Spiralgefässe, die aber noch nicht Luft führten, deren Spiralfaser aber selbst in den Cotyledonen deutlich war; ich habe mich auf das Bestimmteste überzeugt, dass einzelne Stränge langgestreckter Zellen in diesen jungen Gefässbündeln dicht neben jenen Spiralgefässen in den Cotyledonen mit Stärke erfüllt waren (ich werde unten ein anderes Beispiel von Stärke in Gefässbündeln bei Dahlia nennen).

Die in Streckung begriffene Wurzel war ihrer ganzen Länge nach neben Stärke auch mit Zucker erfüllt, wie gewöhnlich; das noch sehr kurze hypocotyle Glied und die Cotyledonen enthielten keinen Zucker (da die Reihe, sich zu strecken, erst später an sie kommt).

Das Endosperm hatte seine hornige Beschaffenheit vollständig verloren und dafür ein eigenthümlich schwammiges Gefüge angenommen, auch war es bei grosser Zähigkeit sehr elastisch. In Wasser gelegte Schnitte zeigten, dass in der Grundmasse zwischen den Zellen lufthaltige, grosse Lücken entstanden waren, die mich anfangs vermuthen liessen, es sei diese Masse aufgesogen worden und nur die eigentlichen Zellhäute übrig geblieben; dem war aber nicht so. Als ich in Kali erwärmte Querschnitte des Albumens in starker Jodlösung (Jod in Jodkalium) betrachtete, färbten sich die Reste der Zellinhalte gelb, und es zeigte sich zugleich, dass die Grundmasse noch vorhanden war, denn die gelbe Jodflüssigkeit drang nicht in die zwischen den Zellen liegenden Räume ein, diese blieben völlig farblos, sie waren also mit einer Substanz erfüllt, die sich durch Jod nicht färbte, sonst aber als homogene Masse nicht zu erkennen war. Auch nach Kochen in Kali, nach Behandlung mit Säuren u. s. w.**) brachte Jod nicht die geringste

*) Es ist die spätere Epidermis.

**) Auch Eintrocknen mit Jod gab keinerlei Färbung.

Färbung in diesem Schleim hervor, während die darin eingebetteten Zellhäute sich schön hellblau färbten.

Ob die Grundmasse des Albumens vielleicht später noch vom Keim aufgesogen wird, werden weitere Beobachtungen zeigen; jedenfalls steht so viel fest, dass auch bei Ceratonia der Embryo, der keine Spur von Stärke enthält, sich mit solcher erfüllt, sobald die Keimung beginnt; es bleibt aber in Frage, ob diese Stärke allein von dem Fett herrührt, welches im Embryo und Albumen enthalten war, oder ob nebenher auch der Zellstoff oder der Schleim des Albumens noch Material dazu liefert.

6. Keimung aus inulinhaltigen Knollen.

Dahlia variabilis. Ich untersuchte vorjährige Knollen im September; sie hatten im Keller gelegen und Triebe von 1 bis 2 Fuss Länge gemacht; die Blätter waren grün, aber klein. Während die im September reif gewordenen Knollen einer diesjährigen Pflanze mit Kupfervitriol und Kali keine Spur von Reduction rothen Kupferoxyduls zeigten, also kein Dextrin und keinen Zucker enthielten, gaben die in Keimung begriffenen Knollen einen überaus massenhaften Niederschlag von rothem Kupferoxydul. Dünne Schnitte dieser Knollen in 96procentigem Alcohol gelegt, geben nach 20 Stunden ebensoviel Niederschlag, wie frische; ebenso verhielten sich die Stengeltheile der noch in Streckung begriffenen Triebe.

Es scheint sich also aus dem Inulin der Knollen bei der Keimung Dextrin gebildet zu haben.

Stärke fand sich in den keimenden Knollen in einzelnen Zellen hin und wieder in Gestalt kleiner Körnchen; in den Stammtheilen der Triebe aber enthielten die Zellen der Stärkeschichten ziemlich reichlich Stärke, die sich doch nur aus dem Inulin der Knollen, entweder mittelbar oder unmittelbar konnte gebildet haben.

Ausserdem fand sich aber auch Stärke in den sehr zahlreichen und grossen Gitterzellen zwischen Bast und Cambium.*) Die

*) Da die Beschreibung dieser Zellen für den Text nicht unmittelbar nöthig ist, so fasse ich sie hier in einer Anmerkung kurz zusammen. — Diese Gitterzellen fand ich zwischen Bast und Cambium von der Basis der Triebe an bis hinauf zum Gipfel; in einer frisch aus der Erde genommenen Georgine fand ich sie ebenfalls in allen Internodien des Stammes. Auf dem Querschnitt sind sie in radiale Reihen oder in Gruppen geordnet, auf dem Längsschnitt machen sie sich sogleich bemerklich dadurch, dass sie in regelmässigen Längsreihen

grössten Blätter dieser Triebe zeigten bei sorgfältiger Untersuchung im Chlorophyll keine Spur von Stärke, nur die Porenzellen enthielten hin und wieder eine äusserst geringe Menge. Daraus schliesse ich, dass das Chlorophyll noch nicht angefangen hatte, Stärke zu erzeugen, vielleicht weil es nicht hinreichend Licht hatte; und daraus folgt dann, dass die Stärke im Stärkering und in den Gitterzellen aus dem Knollen herzuleiten ist, wo sie aus dem Inulin entstanden sein muss (die fertigen Blätter älterer Pflanzen zeichnen sich durch den grossen Stärkereichthum ihres Chlorophylls aus).

7. Seitentriebe einer Runkelrübe,

welche nach dem Ausbrechen der Hauptknospe sammt allen alten Blättern zum Vorschein kamen, liessen im Mark und der Rinde, in den noch sehr jungen Blättern und in den Stärkeschichten der schon halb entfalteten Blätter reichlich Stärke erkennen. Da die Runkelrübe an den Stellen, wo diese Seitentriebe hervorkommen, vorher keine Spur von Stärke enthält, sondern nur Rohrzucker erkennen lässt, so muss die Stärke der Triebe wohl aus dem Rohrzucker entstanden sein.

Schacht sagt (Lehrbuch der Anat. u. Physiol. II, p. 555): „Im Umkreise brauner Flecken nach äusseren Verletzungen und langsamem Vertrocknen der Verwundung enthalten sämmtliche Parenchymzellen, denen normal das Stärkemehl fehlt, zahlreiche kugelige Stärkemehlkörner von geringer Grösse und Verdichtung,

---

liegen und dass die Querwände der neben einander liegenden Reihen in gleicher Höhe liegen. In ihrer Gestalt entsprechen sie der von Nägeli gegebenen Beschreibung der Gitterzellen von Cucurbita im Allgemeinen (Botanische Mittheilungen von Carl Nägeli aus den Sitzungsber. der K. Bair. Akad. der Wiss., 1861, über die Siebröhren von Cucurbita). Die lang gestreckten und ziemlich dünnwandigen Zellen sind nämlich von dem oberen und unteren Ende auffallend breiter, als in der Mitte; es sieht aus, als ob an den Querwänden eine Ueberwallung stattgefunden hätte. Die Querwände selbst zeigten bei den Knollen-Trieben nichts Auffallendes, ausser, dass sie von dunklen Linien quer durchsetzt werden, welche den fraglichen Poren entsprechen. In den unteren Stammgliedern der aus dem Boden genommenen, fast blühreifen Pflanze fand ich dagegen auf der Ober- und Unterseite der Querwände die Verdickungen aufgelagert, wodurch die Querwand zwischen je zwei Zellen einer biconvexen Linse ähnlich wird. Zwischen diesen Auflagerungen erkennt man die ursprüngliche Querscheidewand, welche Nägeli's Medianschicht entspricht. — Der einfache Zusatz verdünnter alcoholischer Jodlösung genügt, um in allen diesen Zellen eine deutliche Stärkereaction hervorzurufen. In dem Schleim (oder Plasma),

ohne sichtbaren Kern und Schichtung, welche durch Jodlösung violett oder schön blau werden und sich gegen Säuren und Alkalien ganz wie Stärkemehl verhalten, dagegen auf dem dunklen Fleck des Polarisationsmicroscopes verschwinden. — Weil aber die Zuckerrübe, ausser dem Zucker, im Zellsaft keine Kohlehydrate enthält, und die Wandungen der betreffenden Stellen keine Veränderungen zeigen, so können die Stärkemehlkörner hier nur auf Kosten des Zuckers entstanden sein."

VII. Verhalten von Stärke und Zucker während der Vegetation nach beendigter Keimung bis zur Blüthezeit.

1) Solanum tuberosum: Am 15. September untersuchte ich die Triebe eines jungen Kartoffelstrauches, welche 0,3 Met. Höhe hatten und aus einer erst spät gekeimten Kartoffel hervorkamen. Die fünf bis sechs dunkelgrünen entfalteten Blätter, welche jeder Trieb hatte, sowie die weichen Stammtheile der sehr jungen, 2—4 Zoll langen Stolonen zeigten ein jugendliches Ansehen, woraus ich schloss, dass diese Triebe in kurzer Zeit hervorgewachsen seien; offenbar waren alle diese Theile auf Kosten der ausgesogenen Mutterknolle entstanden.

Stärke fand sich nicht in den Porenzellen und keine in Chlorophyll des Mesophylls der eben fertigen Blätter; dagegen fand sich ein wenig Amylum in den Stärkeschichten der

welcher ober- und unterhalb jeder horizontalen Querwand das Lumen füllt, den mittleren Zellraum aber frei lässt, erkennt man nach Jodzusatz sogleich deutlich blaue, sehr kleine Körnchen in grosser Masse; es macht den Eindruck, als ob Stärkekleister erst durch den Jodzusatz in blaue Körnchen verwandelt worden wäre. Diese Reaction tritt ebenso ein, wenn man einen Schnitt vorher, in Kali erwärmt, gewaschen neutralisirt hatte. Nach dem Aussehen ist es mir wahrscheinlicher, dass die Stärke hier als Lösung oder als Kleister vorhanden ist, ich habe sie sonst nirgends in derartigem, fein zertheilten Zustande getroffen. Die Stärke und der Schleim, in dem sie liegt, findet sich häufig blos auf der oberen oder der unteren Seite der Querwände, aber ohne alle Regel, meist jedoch auf beiden Seiten. Da, wo die verdickten Enden der Zellen ihre Querwände haben, stossen die Zellen der verschiedenen Längsreihen aneinander, die schmäleren Mittelstücke lassen dagegen Zwischenräume, welche von schmalen Zellen eingenommen sind. — Die Stärkeführung dieser Zellen bei Dahlia variabilis scheint ganz normal, da ich sie bei dieser Pflanze in den Gitterzellen überall fand.

Blattstiele und der obersten Internodien bis zur Knospe hin; in den ebenfalls noch jungen, doch fertig gestreckten Stammtheilen abwärts bis zur Mutterknolle und in den jungen Stolonen enthielten selbst die Stärkeschichten keine Stärke.

Traubenzucker (oder Dextrin) fand sich in keinem Theile der Triebe. Dieses Verhalten entspricht genau den fertigen Keimpflanzen, welche ihre Saamenstoffe vollständig aufgesogen haben und dann weder Stärke noch Zucker enthalten.

Im August zeigte eine im freien Feld erwachsene, abgeblühte Kartoffelstaude von 0,5 Mtr. Höhe mit vielen grossen und kleinen Knollen folgendes Verhalten:

Stärke enthielten die Porenzellen, die Chlorophyllkörner des Mesophylls fertiger Blätter, und der ganze Zug der Stärkeschichten von ihren feinsten Anfängen im Mesophyll durch den Medianus und Blattstiel im Stamm abwärts und aufwärts bis zur Terminalknospe. Im Stiel älterer Blätter enthielt auch das Mark im Umfang Stärke; die noch sehr jungen Blätter des Gipfels waren mit Stärke dicht erfüllt; abwärts findet sich auch im Markumfang des Stammes Stärke, doch nur soweit der Stamm oberirdisch ist; der unterirdische Stammtheil führt gar keine Stärke, aber sehr viel Traubenzucker, welcher auch in den Stolonen und in den unreifen Knollen aller Grössen reichlich vorhanden ist; doch beginnt in den Tragfäden die Stärke wieder reichlich gegen die unreifen Knollen hin und in diesen erfüllt sie neben Zucker alles Parenchym.

Reducirende Substanz findet sich nur in diesen unterirdischen Theilen, in den oberirdischen gar nicht; gerade da, wo die von oben kommende Stärke aufhört, beginnt der Zucker im Stamm, und es scheint, dass er das Material für die grossen Stärkekörner der Knollen und zugleich zum Zellwachsthum derselben liefert.

Ein drittes Alter untersuchte ich am 16. September; es war eine im freien Felde erwachsene Staude, deren untere Blätter längst abgefallen waren, die aber am Gipfel noch einen grünen Blätterbusch trug; sie hatte viele unreife und reife Knollen.

Stärke fand ich in den Spaltöffnungszellen, dem Chlorophyll der fertigen Blätter, den Stärkeschichten der Nerven, Blatt-

stiele der oberen Stammtheile bis zur Knospe hin; im Stamm führte auch Rinde und Mark Stärke; die Stärkeschicht führte nur da, wo sie vor den drei Gefässbündeln liegt, Stärke, vor dem Holze nicht.

Reducirende Substanz fand sich im Stamm zwischen den Blättern, im ganzen Mark, den Markstrahlen, den Gitterzellen, zwischen Bast und Cambium, selbst die Blattstiele zeigten in Mark und Rinde reichlich Zucker; von hier aus bis zu den Knollen abwärts enthält alles Zucker, nur die reifen Knollen charakterisiren sich dadurch, dass sie keinen Zucker mehr führen, wie die noch wachsenden.

Ich glaube, wenn man die Beobachtungen an den drei Entwickelungsstadien vergleicht, so kann man sich das Verhalten kaum anders erklären, als nach den in der Einleitung genannten Vorstellungen.

2) Beta vulgaris. Bei Keimpflanzen, deren Cotyledonen schon ausgebreitet und grün waren, fand sich in der Stärkeschicht des hypocotylen Gliedes noch Stärke, die bei etwas älteren Keimpflanzen nicht mehr zu finden war.

Junge Pflanzen mit 5—6 Blättern, deren grösstes fertiges 12 CM. lang war, deren Wurzelhals 4 MM. Durchmesser hatte, zeigten Folgendes:

Stärke fand sich in den Porenzellen und im Chloropholl der fertigen Blätter, in den Stärkeschichten der feinsten Nerven, des Medianus und Stieles bis hinab zum Stamm, wo sich die Stärke im Parenchym ausbreitet und in die jungen Blätter übergeht, deren noch nicht gestreckte Zellen damit erfüllt sind. In jungen Blättern, die sich schon gestreckt hatten, fand sich wenig Stärke im Mesophyll, in den Porenzellen, die sich erst ausbildeten, gar keine.

Reducirende Substanz fand ich in den Blattstielen der älteren Blätter spurweise im Parenchym, mehr an der Basis der Stiele; alle anderen Theile zeigten keine Reduction von Kupferoxydul.

Rohrzucker war in den Pflanzen dieses Alters nach der angegebenen Methode nirgends zu finden.

Ein weiter vorgerücktes Stadium zeigte dieselben Verhältnisse, nur fand sich in der 8—9 MM. dicken Rübe schon etwas Rohrzucker. Eine schon viel ältere Pflanze aus freiem Felde, im August

frisch untersucht, deren Wurzel etwa 30 CM. lang und 8—9 CM. dick war, verhielt sich folgendermaassen:

Stärke fand sich in den Porenzellen und im Chlorophyll der Blätter in dem ganzen System der Stärkeschichten der Gefässbündel bis hinab zur Basis der Blätter, wo sie sich im Parenchym ausbreitet und bis zur Terminalknospe hin vordringt; sie erfüllt alle jungen Blätter; die Theile, welche die Rübe bilden, enthalten keine Spur Stärke.

Reducirende Substanz fand sich im Parenchym in der Mittelrippe und bis hinab zum Stamm, wo sie plötzlich aufhört; ausserdem ist Traubenzucker in dem gelbgefärbten Gewebe, welches unterhalb der Knospe die Mitte des Stammes einnimmt, und tiefer unten im Parenchym nahe der Axe der Wurzel.

Rohrzucker erfüllt das Parenchym der ganzen Rübe mit Ausnahme der oben genannten Theile; am concentrirtesten scheint er in der Mitte der Rübe, weniger am unteren Ende.

Im September untersuchte ich drei grosse Pflanzen, deren Rüben über 10 CM. dick und deren fertige Blätter bis 45 CM. lang waren.

Stärke war in den Porenzellen und im Chlorophyll fertiger Blätter sehr reichlich und ziemlich grosskörnig, dagegen fand sich jetzt wenig Stärke in den Stärkeschichten der Bündel; die Knospentheile hatten wie immer ihre Stärke.

Reducirende Substanz fand sich in grosser Menge in den Blattnerven, dem Medianus und den Blattstielen bis hinab zum Stamm, wo sie plötzlich aufhört; auch das Parenchym nahe der Rübenaxe zeigte Reduction.

Rohrzucker fand sich sogar im obersten Stammtheile, der die jüngsten Blätter trägt und von da aus bis hinab zur Wurzelspitze im sämmtlichen Parenchym; doch scheint das mit grösseren Intercellular-Räumen durchsetzte Gewebe nahe den Bündelkreisen weniger zu enthalten.

3) Zea Mais. Am Ende der Keimung, wenn das Endosperm völlig entleert ist, die ersten 3—4 Laubblätter sich entfaltet haben, finden sich nur noch Spuren von Stärke an der Basis der noch nicht ganz fertigen Blattscheiden.

Eine etwas ältere Pflanze, welche schon 5—6 neue, viel grössere Blätter hatte und 0,4 Mtr. hoch war, ergab Folgendes:

Stärke in den Porenzellen sehr wenig im oberen und unteren Winkel, ferner in den die kleinsten Gefässbündel umgebenden chlorophyllhaltigen Zellen der Lamina; keine Stärke im eigentlichen Mesophyll. Die Stärkeschichten aller grösseren Gefässbündel der Lamina, der Scheiden fertiger Blätter führen reichlich Stärke, in den Scheiden breitet sie sich auch im umliegenden Parenchym aus; in dem Stamme führen die (nach innen liegenden) Stärkeschichten der Bündel Stärke; die fertig gestreckten Wurzeltheile enthielten keine Stärke.

Die oberen noch in Streckung begriffenen Stammglieder enthielten in allen Parenchymzellen Stärke; die jungen sich streckenden Blattscheiden waren ebenfalls mit Stärke erfüllt.

Reducirende Substanz: im unteren fertigen Stammtheil keine; in den Wurzeln am unteren und mittleren Theil; keine im oberen Theil; die in Streckung begriffenen Stammglieder führten Zucker, ebenso die noch in Streckung begriffenen jüngeren Blattscheiden; die jüngsten und die ältesten keinen.

Eine ältere Pflanze mit 1 CM. hohem Stamm, dessen Terminalknospe sich schon zu einer kleinen Anlage des männlichen Blüthenstandes umgebildet hatte, und welcher viele grosse Blätter trug, ergab:

Stärke in den Porenzellen (wenig in den Winkeln derselben), in den Stärkescheiden der Bündel (in den eigentlichen Mesophyllzellen keine); die fertigen Blattscheiden hatten in den Stärkeschichten der Bündel Stärke. Die noch in Strekkung begriffenen Blattscheiden im ganzen Parenchym mit Amylum erfüllt.

Die unteren fertigen Stammglieder enthielten in den Stärkeschichten wenig, in den höheren Internodien nimmt sie zu, bis sie in den oberen sehr jungen Gliedern das ganze Parenchym erfüllt. Der sehr junge männliche Blüthenstand (5—6 MM. lang) besteht aus den Hauptspindeln und den erst warzenförmigen Aehrchen, deren zartes Parenchym Stärke führt; die Vegetationspunkte sind wie überall ohne Stärke.

Reducirende Substanz ist in diesem Stadium durch die ganze Pflanze verbreitet; Wurzeln, Stamm, Blattscheiden und

Medianus der fertigen Blätter und die sich streckenden Theile enthalten Zucker im Parenchym.

Eine Maispflanze von mehr als 4 Mtr. Höhe, deren männliche Rispe schon verstäubt hatte, deren oberer Kolben befruchtet, der untere unbefruchtet war (30 und 41 CM. lang) ergab Folgendes:

Stärke fand sich in fertigen Blättern in den Porenzellen, in den die kleinsten Bündel umgebenden Stärkeschichten (keine im Chlorophyll des Mesophylls); ferner in den Stärkeschichten der Bündel in den Blattscheiden sehr wenig, in dem oberen Theile des Stammes (von dem unteren Kolben aus aufwärts) führten die Stärkeschichten der Bündel ebenfalls Stärke; die unteren Stammglieder und Wurzeln keine (die eben ausbrechenden jungen Wurzeln haben in den Hauben Stärke).

Zucker fand sich in den Wurzeln und in den noch saftigen Zellen des Stammes, welche die Gefässbündel umgeben; die übrigen Parenchymzellen haben ihre Flüssigkeit verloren und führen Luft; ebenso in den Blattscheiden.

Anmerkung. Stärke und Zucker der beiden Kolben im folgenden Abschnitt.

4) Ricinus communis. Die fertige Keimpflanze enthält weder Fett noch Stärke, noch Zucker (mit Ausnahme der Stärke in den Porenzellen, der Terminalknospe und den Wurzelhauben).

Im September untersuchte ich eine im botanischen Garten erzogene Pflanze von 1,3 CM. Höhe; sie war in kräftiger Vegetation begriffen, hatte mehrere fertige Blätter, mehrere junge Blätter und Inflorescenzen und einen Fruchtstand mit halbreifen Früchten.

Stärke: im Chlorophyll der fertigen Blätter und in den Porenzellen sehr viel; in den Stärkeschichten der Nervatur und in denen der Blattstiele fertiger Blätter; ebenso enthielt das Chlorophyll der grünen Rinde der unteren Stammglieder Stärke; in den oberen jungen Gliedern keine oder doch sehr wenig.

In der Axe war die Stärkevertheilung folgende: In der rübenförmigen Wurzel führte das Rindenparenchym, die Markstrahlen (soweit sie im fertigen Holze liegen, nicht in den äusseren Schichten) und der Markumfang Stärke; ebenso verhielten sich die unteren Stammglieder; in den oberen, jüngeren Gliedern führte nur der Stärkering und der Markumfang Stärke.

Junge Blätter von 6—7 MM. Länge enthielten im ganzen jungen Parenchym des Stiels und der Nerven Stärke, keine in dem

Mesophyll (dieses noch in Theilung begriffen). Ein älteres Blatt von 4—5 CM. Länge enthielt im Stärkering des Blattstiels und im Mesophyll Stärke; das junge Stammglied unter diesem Blatte hatte nur im Stärkering Stärke.

Ein sehr junger Blüthenstand (6—7 MM. lang) zeigte in den sehr jungen, noch aus Urmeristem bestehenden Blüthenanlagen keine Stärke, die Axentheile enthielten im Parenchym viel Stärke.

Bei einer jungen weiblichen Blüthe (noch unbefruchtet) enthielt der Kelch etwas Stärke, ebenso der Stärkering des pedunculus; Blumenboden, Carpelle und Narbe ohne Stärke.

In einer eben aufblühenden weiblichen Blüthe enthielt die unbefruchtete Saamenknospe im inneren Integument ziemlich viel Stärke.

Reducirende Substanz fand sich im Parenchym der Blattnerven fertiger Blätter, ihren Blattstielen, im grünen Parenchym des Stammes, seinen Markstrahlen und seinem Mark bis hinab in die Wurzel.

In einem mit jungen Blüthenknospen besetzten Blüthenstande enthielten Rinde und Mark der Spindel, die Kelche, die Staubbeutel, die jungen Carpelle und die Integumente der Ovula Zucker.

5) Brassica oleracea acephala D. C. mit ganzen, ebenen Blättern.

Eine im September aus freiem Land genommene Pflanze mit mehr als 0,3 Mtr. hohem Stamm und vielen frischen, gesunden und ausgewachsenen Blättern, deren untere bis 0,5 Mtr. Länge hatten, ergab:

Stärke in den Porenzellen und im Chlorophyll der fertigen Blätter (in beiden sehr wenig); in den Stärkeschichten der Nerven, der Blattstiele bis hinab zum Stamm fand sich reichlich Stärke, im umgebenden Parenchym keine.

Im Stamm waren die Stärkeschichten*) von der Basis an bis hinauf zur Terminalknospe mit Stärke erfüllt; nahe der Terminalknospe breitete sie sich ins Parenchym aus,

*) Im Stamm bleiben zwischen den grossen Gefässbündeln ziemlich breite Markstrahlen; die Stärkeschichten umgeben die äusseren Leisten der Bündel und ziehen sich seitlich noch tief gegen das Mark hin, so dass man auf dem Querschnitt nach Behandlung mit Jod die Stärkeringe in Gestalt von im Kreis gestellten, sich nicht berührenden Halbellipsen sieht, die ihre Oeffnungen dem Centrum zukehren.

soweit dieses noch streckungsfähig ist und erfüllt die jungen noch nicht grünen Blätter; die schon vorgerückteren Blätter von 5—6 CM. Länge, aber noch beinahe farblos, führten ebenfalls Stärke in ihrem noch nicht fertigen Mesophyll, noch ältere zeigten sehr wenig Stärke.

Reducirende Substanz erfüllte das Parenchym der grösseren Blattnerven, der Mittelrippe und des Stiels fertiger Blätter, ferner Mark und Rinde des Stammes, soweit er Blätter trägt; der untere, blattlose, stark verholzte Theil des Stammes zeigte keine Reduction und ebenso verhielt sich die Terminalknospe.

6) Phaseolus vulgaris. Eine in kräftiger Vegetation begriffene Pflanze, welche in einem Blumentopf am Fenster erwachsen war und neben mehreren Blüthen auch einige junge Früchte trug, und viel gesunde Blätter hatte, wurde untersucht:

Stärke fand ich in den Porenzellen und im Chlorophyll fertiger Blätter in sehr grosser Menge, ferner in den Stärkeschichten der Nerven des Medianus, des Stieles (der Bewegungsorgane), des ganzen Stammes vom Gipfel bis hinab in die Wurzel; in der rübenförmigen Hauptwurzel führte das dünnwandige Holzparenchym Stärke, ebenso das Markparenchym; die unteren verholzten Stammglieder führten auch im Markumfang und in den Markstrahlen reichlich Stärke.

Zucker (oder Dextrin) konnte ich in keinem Theile des Stammes, der Blätter und der Wurzel finden; dagegen tritt er in den Früchten in grosser Menge auf (siehe unten).

7) Dahlia variabilis: Ein 1 Mtr. hoher Strauch mit jungen Blüthenknospen, der aus einem Steckling (nicht aus einem Knollen) im freien Lande erzogen war; er hatte 3 grosse Wurzelknollen gebildet und mehrere kleine fingen eben an, sich auszubilden.

In den kleinen Knollenansätzen fand ich Stärke in sehr kleinen Körnern innerhalb grosser Rindenzellen, welche eine continuirliche Schicht bilden, doch waren die Körner nicht zahlreich, meist in Gruppen zusammenliegend; sie werden mit schwacher Jodlösung ohne Weiteres hellblau, etwas schmutzig gefärbt. Ausserhalb des Gefässbündelkreises zeigt der Querschnitt einen Kreis von Oel-Kanälen, welche viel gelbes Oel führen.

Dextrin (d. h. Reduction von rothem Kupferoxydul) fand ich in diesen jungen Knollen in Mark und Rinde wenig, viel in

den Zellen des Gefässbündelkreises, welche sämmtlich zwar ziemlich gross sind, aber doch noch unausgebildete Wände haben; die Umgebung der Oelgänge enthielt viel Zucker.

In den fertigen, 7—8 CM. langen, 2—3 CM. dicken Knollen fand ich keine Stärke mehr; die Oelgänge waren viel grösser geworden, sie hatten sich seitlich verbreitert, sie lagen innerhalb der jetzt verdickten primären Bastbündel; einfachere Oelgänge finden sich auch zwischen den Gefässbündeln und im Mark; sie lassen beim Durchschneiden grosse gelbe Oeltropfen ausquellen; das Oel wird durch Kali roth.

Die Rindenzellen (nur diese) zeigen sich, nach Behandlung mit Jodtinktur erfüllt mit äusserst feinen, wolkig zusammengeordneten Körnchen, deren Gesammtfärbung aus dem Gelbbräunlichen in's Violette spielt. Sollte das Inulin sein? Einen Niederschlag gelber Körnchen, wie er, vielen Angaben gemäss, durch Jod in inulinhaltigen Flüssigkeiten entstehen soll, konnte ich in den Dahlienknollen niemals finden, was auch mit H. v. Mohl's Bemerkung (die vegetabilische Zelle, p. 208) übereinstimmt.

Dextrin (rothe Reduction) findet sich in diesen reifen Knollen gar nicht, während, wie erwähnt, die unreifen dessen sehr viel enthalten; ebenso tritt bei der Keimung der Knollen wieder viel reducirende Substanz auf. Es findet also hier dasselbe Verhältniss Statt, wie bei den Kartoffelknollen, welche, so lange sie wachsen, neben Stärke viel Zucker enthalten, der aber in reifen Knollen vollständig verschwindet.

In dem Stamm des Haupttriebes fand ich den Stärkering von unten bis zu den Knospen hinauf mit Stärke erfüllt, ebenso in den Stärkeschichten, welche die Gefässbündel der Blattstiele umgeben, bis zum Mesophyll hin, dessen Chlorophyllkörner (in fertigen Blättern) sich durch ihren Reichthum an Stärke auszeichnen.

In jungen Stammgliedern unter den Knospen, welche etwa 1 CM. lang und 3 MM. dick waren, die also erst anfingen, sich zu strecken, fand ich in allen Markzellen feine Stärkekörnchen; ebenso führten die jungen Gefässbündelzellen, die später zu Holzzellen werden, jetzt viel Stärke; keine solche fand sich aber in dem Chlorophyll der jungen Rinde; die jungen noch nicht fertigen Haare enthielten Stärke.

Alle Gitterzellen von der Basis des Stammes an bis hinauf in die Gipfeltheile führten Stärke in der oben beschriebenen Art.

Dextrin (?) fand sich in den Markstrahlen der untersten verholzten Stammtheile, in den oberen fertig gestreckten und in den noch sehr jungen und kurzen Gliedern konnte ich keine Reduction von Kupferoxydul erhalten.

VIII. Verhalten von Stärke, Zucker und Oel bei der Ausbildung einiger Früchte.

Bei der Ausbildung der Früchte lassen sich zwei Stadien annehmen: zuerst bilden sich die einzelnen Theile der Frucht, die Carpelle, Ovula, Keim- und Endosperm-Gewebe (wenn solches vorhanden ist); zum Wachsthum der Zellhäute dieser Theile wird Stärke und Zucker verbraucht; es treten diese Stoffe daher transitorisch in den Geweben auf, um dann, während die Gewebe sich ausbilden, wieder zu verschwinden. Aber schon bevor dieser Ernährungsprocess beendigt ist, beginnt die Ablagerung der Reservestoffe im Keim und im Endosperm.

Das Material zu diesen Stoffen, die theils zum Wachsthum der Gewebe, theils zur Ablagerung der Reservenahrung dienen, kann entweder aus nächster Nähe kommen oder es muss aus entfernteren Theilen hergeleitet werden. Das erstere kann dann geschehen, wenn die Carpelle eine grosse Oberfläche haben, welche dem Licht ausgesetzt, Chlorophyll und in diesem Stärke bildet, wie es besonders bei den Hülsen der Bohne und ihrer Verwandten der Fall ist; in diesem Falle übernimmt das Carpell die Funktion der Blätter, und wenn die Annahme richtig ist, dass die von den Blättern bereitete Stärke zur Ernährung der Zellhäute junger Organe dient, so hindert nichts die weitere Annahme, dass die blattartigen Carpelle eine derartige Funktion für die von ihnen umschlossenen Saamen- und Keimanlagen übernehmen.

Wenn dagegen die Carpelle dem Lichteinfluss entzogen sind, wenn sie ihre blattartige Structur und Funktion verlieren, also selbständig keine assimilirten Stoffe bilden können, so bleibt nur die Annahme übrig, dass sie die zur Ausbildung ihrer eigenen Zellhäute, so wie zum Wachsthum der Ovula und zur Reservenahrung nöthigen Stoffe aus den thätigen Blättern durch den Stamm zugeführt erhalten; in diesem Falle befindet sich der Mais. Natürlich können hier auch vermischte Verhältnisse eintreten; wenn auch die grüne Fruchtschale selbst als Assimilationsorgan auftritt,

so kann doch gleichzeitig auch von dem Stamme her (eigentlich von den Blättern aus) ein Zufluss von Stärke oder anderer Zellstoffbildner stattfinden.

So wie im Stamm nach der vollendeten Streckung der Glieder noch ein dauernder, wenn auch langsamerer, Verbrauch solcher Stoffe durch die Verholzung und fernere Verdickung der Zellwände nöthig wird, so findet etwas Aehnliches Statt bei der Ausbildung derjenigen Fruchttheile, welche zum Schutz des Saamens bestimmt sind; so verholzt bald die innere Schicht des Carpells, bald gewisse Schichten der Integumente, was natürlich nur auf Kosten von Stärke oder verwandter Stoffe möglich ist. Die Ausbildung des Endocarps und der Saamenschale von Ricinus, die ich genauer verfolgte, liefert dafür ein Beispiel.

Während in den meisten Fällen der bei der Fruchtbildung stattfindende Aufwand an Stoffen in einer unverkennbaren Beziehung zum Schutz und zur Ernährung der künftigen Generation steht, tritt häufig auch eine Ablagerung von Stärke, Oel, Zucker in den Fruchttheilen auf, die eine solche Beziehung nicht erkennen lässt; die in den Pflaumen, dem Fleisch der Beeren, dem Blumenboden der Erdbeeren, dem Fleisch der Aepfel, den Feigen u. s. w., also in morphologisch völlig verschiedenen Theilen angehäuften Massen von Zucker erscheinen, bei ihrer Zwecklosigkeit für die Pflanze selbst, geradezu als Auswurfsstoffe, als Excrete, deren Bedeutung für die Pflanze im Allgemeinen und für den Haushalt der Natur durch diese Auffassungsweise keineswegs geschmälert wird.

1) Phaseolus vulgaris. Den Reifungsprozess in Bezug auf das Verhalten von Stärke und Zucker zur Ausbildung der Gewebe habe ich, von der Befruchtung angefangen, in sechs Stadien untersucht. Die Früchte rührten von im Freien erwachsenen Stangenbohnen her; alle Entwickelungsstadien wurden zur selben Zeit von denselben Pflanzen genommen.

Erstes Alter: Das Legumen 1 CM. lang*); Ovula kaum 1 MM. lang; die Blüthentheile sind soeben abgefallen.

Carpell: äussere grüne Schicht: im Chlorophyll noch keine Stärke, kein Zucker;

innere farblose Schicht: keine Stärke, kein Zucker. Die Gefässbündel an Bauch- und Rückennath führen in ihren Stärkeschichten Spuren von Stärke.

*) Bei der Länge des Legumens ist der Schnabel nicht mitgerechnet.

Ovula: im Parenchym des Funiculus viel Stärke, die Umgebung des Embryosackes enthält Stärke, dieser selbst keine.

Zweites Alter: Legumen 3 CM. lang, Ovula 1,5 MM. lang.

Carpell: äussere grüne Schicht: im Chlorophyll kleine Stärkekörnchen, wenig Zucker;

innere farblose Schicht: keine Stärke, ziemlich viel Zucker.

Ovula: im Parenchym des Funiculus viel Stärke, kein Zucker; in der nächsten Umgebung des Embryosackes viel Stärke, in den entfernteren Zellenlagen wenig; kein Zucker.

Embryo noch sehr klein: ohne Stärke.

Drittes Alter: Legumen 10 CM. lang, Ovula 3 MM. lang.

Carpell: äussere grüne Schicht: die Stärkekörnchen im Chlorophyll sind grösser; kein Zucker;

innere farblose Schicht: enthält ziemlich viel sehr feinkörnige Stärke, und viel Zucker.

Ovula: das Parenchym des Funiculus enthält viel Stärke, keinen Zucker; die Umgebung des Embryosackes enthält viel Stärke.

Viertes Alter: Legumen 20 CM. lang; Ovula 6 MM. lang.

Carpell: äussere grüne Schicht: im Chlorophyll grosse Stärkekörnchen; die Zellen enthalten jetzt viel Zucker;

Mittelschicht*) enthält viel Zucker;

innere farblose Schicht: wenig Stärke, viel Zucker.

Ovula: im Parenchym des Funiculus viel Stärke.

noch weiche Saamenschale voll Stärke, die äussere Zellenlage voll Zucker.

Embryo (2 MM. lang): Cotyledonen voll Stärke und Zucker.

Fünftes Alter: Legumen 22 CM. lang, Ovula 15 MM. lang.

Carpell: äussere grüne Schicht: im Chlorophyll grosse Stärkekörner, die Zellen enthalten viel Zucker;

Mittelschicht: viel Stärke um die Bündel;

innere farblose Schicht: fängt an zu vertrocknen, enthält keine Stärke mehr.

*) Zwischen der grünen Schicht und dem farblosen Endocarp liegend, hauptsächlich aus Gefässbündeln gebildet, die sich erst später ausbilden.

Ovula: im Parenchym des Funiculus viel Stärke; kein Zucker;
Saamenschale enthält viel Stärke, in der Nähe des Funiculus auch Zucker.
Embryo (erfüllt jetzt die Saamenschale): voll kleiner Stärkekörnchen.
Sechstes Alter: Legumen 22 CM. lang, ist nicht mehr grün;
Carpell: äussere Schicht enthält viele ziemlich grosse Stärkekörner;
innere Schicht ganz vertrocknet;
Saame: der Funiculus enthält keine Stärke mehr;
in der Saamenschale enthalten nur die inneren Zellen noch Stärke.
Embryo: die Cotyledonen enthalten schon die eiförmigen für die Bohne characteristischen Körner.

Ich glaube, diese Beobachtungsdaten lassen sich folgendermaassen zusammenfassen:

Die erste Nahrung zur Anlage des Carpells und der Ovula kann nur durch den Fruchtstiel zugeführt werden, dessen Stärkeschicht Stärke führt, denn das Chlorophyll des jungen Carpells fängt erst später an, Stärke zu bilden; auch dann, wenn das Carpell schon Stärke erzeugt, scheint doch ein starker Zufluss dieses Stoffes aus den Blättern stattzufinden, da bei der Bohne durch die Fruchtreife die Blätter bekanntlich ausgesogen werden.

Die zur Ausbildung der Saamenknospe und zur Ablagerung der Reservestärke in den Cotyledonen nöthige Stärke wird durch das Parenchym des Funiculus zugeführt, welches sie aus den die Nath entlang laufenden Stärkeschichten der Gefässbündel bezieht; die Stärke wird bei ihrer Wanderung durch den Funikulus nicht in Zucker oder Dextrin umgewandelt, sondern sie wandert (wie in den Stärkeschichten junger Stämme), ohne sich in Zucker oder Dextrin zu verwandeln.

Die Stärke verwandelt sich erst in denjenigen Geweben in Zucker, wo sie zur Nahrung der Zellhäute dient, in dem noch jungen Endocarp, in der Saamenknospe und besonders in der Saamenschale; der Zucker verschwindet vollständig, sobald kein Zellenwachsthum mehr stattfindet. Wie bei den Knollen der Kartoffel und der Dahlia macht sich die Reife des Embryo's durch das Verschwinden des Zuckers geltend.

Ueber den Inhalt des Embryosackes in den früheren Stadien

konnte ich nicht ins Klare kommen; Stärke enthält er gewiss nicht; Zucker wahrscheinlich nicht; vielleicht nimmt das Embryo die von dem Embryosack eingesogenen Stoffe sogleich für sich in Beschlag, so dass also in diesem keine hinreichende Anhäufung eintreten kann, um nachweisbare Quanta zu ergeben.

2) Ricinus communis:

Erstes Alter der Frucht: Die Befruchtung ist eben erfolgt, die Frucht ist circa 5 MM. lang.

Carpell: äussere grüne Schicht: das Chlorophyll enthält keine Stärke, die Porenzellen enthalten Stärke, kein Zucker;

junges Endocarp: keine Stärke und kein Zucker.

Spermophor: keine Stärke, kein Zucker.

Ovula: beide Integumente voll Zucker, keine Stärke, Knospenkern enthält neben Stärke wenig Zucker.

Embryo: aus wenigen Zellen bestehend, diese in Theilung, ohne Stärke und ohne Zucker.

Zweites Alter: Frucht kugelig, 8 MM. Durchmesser.

Carpelle: äussere grüne Schicht: im Chlorophyll deutlich, aber wenig Stärke; kein Zucker in den Zellen;

Endocarp: keine Stärke, sehr viel Zucker*).

Spermophor: enthält im Parenchym viel Stärke, im Continuo mit der Stärke im Pedunculus.

Die innere Oberfläche des Fruchtfaches ist da, wo sie von Scheidewänden und dem Spermophor gebildet wird, besonders an der Basis des Faches, mit sehr zahlreichen Spaltöffnungen besetzt, welche sämmtlich Stärke in den Porenzellen führen.

Ovula: das äussere Integument und der Micropyle-Theil des inneren enthalten wenig Stärke; Integumente und Kern voll Zucker.

Drittes Alter: Frucht 12 MM. Durchmesser; das Endocarp noch ganz weich.

Carpelle: äussere grüne Schicht: das Chlorophyll enthält Stärke; die dem Endocarp nächsten Zellen enthal-

*) Die das Endocarp bildende Schicht des Carpells enthält eine Schicht von Zellen, welche von innen nach aussen radial gestreckt sind, dünne Wände und ein enges Lumen haben und unmittelbar vor der Reife der Frucht durch Verholzung erhärten.

ten weit mehr Stärke und etwas Zucker. Das Endocarp enthält keine Stärke, wenig Zucker.

Spermophor: enthält im Parenchym Stärke und viel Zucker (sogar in den Gefässbündeln).

Ovula: das äussere Integument ist voll Stärke und Zucker.

Das innere Integument bildet aus seiner äussersten (dem äusseren Integument anliegenden) Schicht die Saamenschale; die Zellen dieser Schicht sind jetzt radial gestreckt, dünnwandig*); diese junge Saamenschale enthält Zucker, aber keine Stärke; Stärke findet sich dagegen im inneren Umkreis dieser Schicht in den benachbarten Zellen des inneren Integuments. Auch diejenigen Zellen des inneren Integuments, welche den Knospenkern umgaben, enthalten viel Stärke. Alle Zellen des inneren Integuments enthalten Zucker.

Knospenkern enthält keine Stärke, aber viel Zucker.

Endosperm (als Wandbekleidung des Embryosackes): enthält keine Stärke, aber Zucker und etwas Oel.

Embryo: kugelig, Zellen noch in Theilung begriffen, keine Stärke.

Viertes Alter: Durchmesser der Frucht = 18 MM.; das Endocarp noch nicht erhärtet.

Carpelle: äussere grüne Schicht: das Chlorophyll enthält viel Stärke, die Zellen nahe dem Endocarp sind besonders reich an Stärke; kein Zucker.

Endocarp: keine Stärke; Zucker nur in den kleinen Zellen, welche die langen, dünnen, radialgelegten Zellen des Endocarps innen und aussen umgeben.

Spermophor: wenig Stärke und viel Zucker.

Ovula: das äussere Integument (aus kleinen Zellen bestehend) enthält noch immer viel Stärke und Zucker;

die Saamenschale (d. h. die äussere Schicht des inneren Integuments) enthält keine Stärke und keinen Zucker; die nächst inneren Schichten des

*) Aehnlich wie im Endocarp.

Integuments enthalten etwas Stärke; alle nicht zur Schale gehörigen Zellen des inneren Integuments voll Zucker;
Knospenkern ohne Stärke und ohne Zucker;
das Ende der Raphe am Grunde des anatorpen Ovulums ist mit stärkeführenden Zellen umgeben.
Endosperm: enthält keine Stärke, aber viel Zucker in den sich streckenden Zellen und etwas Oel.
Embryo: fängt an die Cotyledonen zu bilden, er ist immer noch sehr klein, und nur in dem Wurzelende findet sich ein wenig Stärke.

Fünftes Alter: Durchmesser der Frucht 18 MM.; Endocarp fängt an, etwas zu erhärten, Saamenschale schon sehr hart und spröde; das Endosperm füllt den Embryosack aus und hat Knospenkern und die inneren Schichten des inneren Integuments verdrängt.
Carpelle: äussere Schicht noch grün; im Chlorophyll viel Stärke;
Endocarp (fast erhärtet): ohne Stärke und ohne Zucker.
Ovula: Saamenschale (erhärtet) enthält keinen Zucker mehr. Auch das äussere Integument hat weder Stärke noch Zucker.
Endosperm: enthält jetzt viel Oel, aber keinen Zucker mehr.
Embryo: fast ausgewachsen; alle Zellen (mit Ausnahme der Gefässbündel und der Vegetationspunkte) voll Stärke!

Der reife Embryo enthält nur Oel.

Auch bei Ricinus muss man annehmen, dass die junge Frucht, so lange das Chlorophyll der äusseren Carpellschichten keine Stärke enthält, nur auf Kosten der Nahrung wächst, welche durch den Pedunculus zugeführt wird; später, wenn das Chlorophyll Stärke bildet, fährt auch der Pedunculus noch fort, Stärke zuzuführen. Am einfachsten scheint hier die Annahme, dass die Stärke, welche im Chlorophyll der Carpelle erzeugt wird, zur Ernährung des Endocarps dient; während die durch den Fruchtstiel zugeleitete Stärke im Spermophor aufsteigt und durch die die Raphe umgebenden Zellschichten dem äusseren Integument, dem inneren Integument und dem Knospenkern zufliesst.

Zu bemerken ist, dass in den stark verholzenden Zellen, welche

das Putamen und die Testa bilden, niemals Stärke auftritt (so wie in den Holzzellen der Gefässbündel), dass nur Anfangs, wenn diese Zellen noch sehr dünnwandig sind, Zucker in ihnen vorhanden ist; dagegen wird sowohl das Endocarp als auch die Testa während ihrer Ausbildung von Zellschichten umgeben, welche Stärke und Zucker führen; es ist daher anzunehmen, dass diese Zellen, welche später zerstört werden, nur dazu dienen, den Nährstoff für die stark verholzenden, schützenden Saamendecken zu liefern.

Ein ähnliches Verhalten findet in Bezug auf den Embryosack Statt; derselbe führt niemals Stärke; an seinem Umfang bilden sich die Endospermzellen, während die sie umgebenden Zellen des Nucleus Stärke enthalten, welche offenbar das Material zu dem Zucker giebt, der in dem sich bildenden Endosperm die Nahrung der Zellhäute und vielleicht den Stoff für die Oelbildung darstellt.

Der Embryo dagegen erfüllt sich anfangs mit Stärke, die erst ganz zuletzt sich in Oel umwandelt.

Nach Nägeli's Angaben scheint die Oelbildung im Endosperm von Canabis sativa (a. a. O. p. 548) ebenfalls ohne vorgängige Stärkebildung im Endosperm stattzufinden*) Den unreifen Saamen von Cirsium monspessulanum M. und Calendula officinalis L. mangelt das Amylum nach Nägeli (a. a. O. p. 552) in allen Stadien gänzlich, wonach hier in den Cotyledonen ein ähnlicher Process, wie im Endosperm des Ricinus, stattfinden müsste (zu vergleichen ist noch p. 391 a. a. O.).

Dagegen giebt H. v. Mohl (Vegetabilische Zelle p. 207) an: es verschwinde in dem Albumen des Palmensaamens gegen die Zeit der Saamenreife das Amylum und es tritt fettes Oel, zu welchem es ohne Zweifel das Material liefert, an seine Stelle.

3) Cheiranthus incanus. Sehr junge Schoten gleich nach der Befruchtung enthielten in dem äusseren Theil des Carpells viel Stärke; das Endocarp dagegen, dessen Zellen später sehr dickwandig werden und verholzen, enthielt keine Stärke; in der Scheidewand war sie reichlich vorhanden; sämmtliche Gefässbündel der Frucht von Stärkeringen umgeben. Der Funiculus führte im

*) Doch dürfte die Angabe, „auch den unreifen Saamen von Canabis sativa L. mangelt das Amylum in jedem Stadium", noch eine Berichtigung finden, nach meinen Beobachtungen scheint mir diese Behauptung, sofern sie sich auf den ganzen Saamen bezieht, zu weit zu gehen; die Stärkenachweisung in den jungen Saamen ist schwierig und kann die Stärke hier der Beobachtung leicht entgehen.

Parenchym Stärke, ebenso Integument und Kern. Doppelt so grosse Früchte zeigten noch dieselbe Vertheilung der Stärke, nur hatte sie sich in den, das Endocarp umgebenden Zellen angehäuft; Zucker fand sich in den sich verdickenden Zellen des Endocarps. In älteren Schoten, die fast ausgewachsen waren, fand sich Stärke nur in der Nähe der Gefässbündel, in der jungen Saamenschale, im Funiculus und der Umgebung des Embryosackes.

Zucker enthielt das farblose Parenchym des Carpells, das noch nicht ganz erhärtete Endocarp und die Ovula.

Gegen die Reife hin verschwindet die Stärke aus allen diesen Theilen, und nur der jetzt heranwachsende Embryo erfüllt sich mit Amylum, welches bei völliger Reife in Oel übergeht.

Nägeli (a. a. O. p. 890) sagt: „Zuweilen besitzen die Saamenlappen im unreifen Zustande ziemlich reichliche Stärke, die vor der Reife durch Oel ersetzt wird, so z. B. bei Pyrus Malus Lin. und Pyrus communis Lin. — Die jungen Saamen von Corylus Avellana Lin. enthalten ausser dem Zellkern keine festen Stoffe in den Zellen der Cotyledonen. Dann treten neben demselben zuerst kleine Amylumkörner auf, welche sich vermehren und grösser werden. In einem Stadium enthalten die Saamen ziemlich viel Stärke und noch kein Oel; dann bildet sich letzteres, indem die erstere verschwindet. Wenn die Fruchtschale anfängt, sich am Grunde zu bräunen, so ist fast kein Amylum mehr vorhanden. — Die Saamenlappen von ausgewachsenen, aber noch nicht vollkommen reifen Saamen in bereits goldgelb gefärbten Früchten von Cucumis sativus*) Lin. enthalten noch fast kein Fett, dagegen reichlicher Stärke, welche sie dann bald gänzlich verlieren. — In den Saamen von Brassica Napus Lin. ist vor der Reife sowohl im Albumen, als besonders in den Cotyledonen und in den Saamenschalen viel Amylum enthalten. Die Resorption desselben geschieht in der äusseren Saamenhaut schon frühzeitig, in den übrigen Theilen aber zu der Zeit, wenn sich die grünen Schalen gelb färben; in den braungelben Saamen ist es gänzlich verschwunden und Oel an dessen Stelle getreten."

Im Gegensatz zu dem bei Ricinus und Canabis eintretenden

*) Junge Früchte von Cucurbita Pepo enthielten im Parenchym der Pulpa und besonders in der Umgebung der Gefässbündel viel Stärke, ebenso in den jungen Saamenschalen, noch keine im Embryo; Zucker in dem Parenchym und den Gefässbündeln des Fruchtfleisches und den Saamenschalen, nach einer früheren Beobachtung von mir.

Falle tritt nach Nägeli (a. a. O. p. 391) auch im ölhaltigen Endosperm mancher Pflanzen, sowie bei den Palmen nach Mohl, zuerst Stärke auf: bei Lilium bulbiferum Lin., Scabiosa atropurpurea Lin., Campanula Sp., verschiedenen Arten von Paeonia.

Zea Mais. An einem bereits bestäubten, aber noch nicht befruchteten Kolben enthielten die 15 Hüllblätter nur gegen die Basis hin etwas Stärke und Zucker; dagegen enthielten die zugehörigen Internodien reichlich Stärke und viel Zucker im ganzen Parenchym; auch die ihrer Lage nach den Gitterzellen entsprechenden Zellen der Gefässbündel schienen Zucker zu führen. Die Kolbenspindel, soweit sie mit den Aehrchen besetzt ist, enthielt in ihrem ganzen Rindenparenchym*) viel Stärke, Zucker erfüllte Mark und Rinde.

Die Aehrchenspindeln, ihre schuppenartigen Glumen und Spelzen waren mit Stärke dicht erfüllt, ebenso das innere Gewebe des Carpells; dagegen fehlte die Stärke vollständig in der Saamenknospe, im Embryosack und in den Keimbläschen; alle mit Stärke erfüllten Gewebe enthielten zugleich Zucker, der auch im Knospenkern nicht vollständig mangelte. Ein älterer Kolben mit bereits befruchteten Keimbläschen verhielt sich ebenso, nur fand sich hier kein Zucker mehr im Knospenkern, dafür aber im Embryosack.

Die Untersuchung eines viel weiter entwickelten Kolbens, dessen Körner noch weich, aber ausgewachsen waren, liess in der Spindel nur Spuren von Stärke erkennen, und sehr wenig Zucker; die Stärke lag in einzelnen kleinen Körnchen im Parenchym zerstreut; die Aehrchenspindeln, die Bälge und Spelzen waren viel grösser, dafür aber führten sie weder Stärke noch Zucker; das Carpell enthielt im Basaltheil indessen noch etwas Stärke. Das Endosperm, welches bereits die ganze Caryopse erfüllte, war mit Stärke dicht erfüllt, beide enthielten noch viel Zucker. Der Embryo, der ungefähr ein Viertel seiner definitiven Grösse hatte, enthielt Stärke in allen Theilen.

Bei vollständiger Reife verschwindet dann der Zucker aus dem Endosperm und dem Carpell, die Stärke im Embryo verwandelt sich in Oel, doch bleibt oft etwas Stärke auch in ihm zurück.

Aus dem Bau des Maiskolbens und seiner Umhüllung folgt von selbst, dass hier die Nahrung für die Zellhäute der Fruchttheile

*) An der Spindel ist eine Unterscheidung in Rinde und Mark wegen der Stellung der Gefässbündel gerechtfertigt.

und die zur Ablagerung nöthige Stärke nur von der Pflanze geliefert werden kann, dass eine selbstständige Betheiligung der Frucht an der Assimilation nicht möglich ist. Auch kann die Anfangs in der Kolbenspindel vorhandene Stärke und Zucker nicht ausreichen, um den ganzen Bedarf während des Reifens zu decken, denn die Spindeltheile selbst verbrauchen einen grossen Theil dieser Stoffe bei ihrer Verholzung. Es muss daher während des Reifens ein Zustrom von Stärke (und Zucker) aus dem Stamme stattfinden, der in seinen, die Gefässbündel begleitenden Stärkeschichten die Stärke aus den Blättern dem Kolben zuführt.

Ueber das Reifen der Pollenkörner sind in Bezug auf das Verhältniss von Stärke, Zucker und Oel noch keine Beobachtungen vorhanden, doch hält Nägeli (a. a. O. p. 388) das Auftreten von Stärke in sonst ölhaltigen Pollenkörnern für ein Anzeichen, dass auch hier, wie meist bei den Saamen, die Stärke als Vorläuferin des Oels auftrete.

IX. Ueber das Vorkommen von Stärke, Oel, Zucker in den verschiedenen Geweben.

Trotz der grossen Mannigfaltigkeit in der Vertheilung und dem zeitlichen Auftreten der Zellstoffbildner, die anfangs den Schein völliger Gesetzlosigkeit erregt, findet doch, wie es scheint, eine allgemeine Gesetzmässigkeit Statt, die hauptsächlich dann hervortritt, wenn man den Thatsachen dadurch einen inneren Zusammenhang verleiht, dass man die Entstehung, Fortleitung, Verwendung und Ablagerung der hierher gehörigen Stoffe in ihrem Verhältniss unter einander und zu dem Wachsthum der Gewebe betrachtet. Bevor ich aber im nächsten Abschnitt versuche, einen derartigen Zusammenhang der Erscheinungen plausibel zu machen, möge hier noch eine übersichtliche Zusammenstellung der für uns wichtigeren Vorkommnisse Platz finden.

1) **Stärke kommt vor:**

a) mit wenigen Ausnahmen in den Chlorophyllkörnern, wo sie als ein Product der chemischen Lebensthätigkeit derselben entsteht. Zu dieser Annahme berechtigen meine unter IV. genannten Beobachtungen, die von Nägeli, Cramer,

H. v. Mohl und das Auftreten der Stärke im Chlorophyll der Carpelle von Phaseolus und Ricinus (unter VIII.);

b) in den die Gefässbündel begleitenden Zellschichten, welche in der Pflanze gleich den Gefässbündeln selbst ein zusammenhängendes System bilden. Diese Schichten führen nach meinen Beobachtungen in den oberirdischen Theilen immer Stärke, so lange Wachsthum von Zellen oder Ablagerung von Reservestoffen stattfindet, und zwar lässt sich als allgemeine Regel aufstellen, dass die stärkeführenden Schichten den Zusammenhang herstellen zwischen dem stärkebildenden Mesophyll einerseits und den stärkeverbrauchenden Knospentheilen andererseits, oder während der Keimung: zwischen den Reservestoffen der Saamen oder Knollen, oder Stammtheilen, oder Wurzeln einerseits und den wachsenden Keimtheilen (oder Frühjahrstrieben) andererseits. Die einfachste Erklärung für dieses Vorkommen der Stärke liegt in der Annahme, dass sie in den genannten Schichten nicht ruht, sondern wandert und zwar von dem Orte ihrer Entstehung oder Ablagerung zu dem ihrer Verwendung hin;

c) im jungen Parenchym, welches seine Zelltheilungen beendigt hat und sich zu strecken beginnt, in dem entsprechenden Stadium des Mesophylls, der Integumente u. s. w. findet sich immer Stärke in kleinen Körnchen (vielleicht zuweilen auch in Gestalt von Kleister), welche in dem Grade verschwindet, als die Streckung der Zellen fortschreitet. Aus diesem Auftreten und Verschwinden ist zu schliessen, dass die Stärke das Material zum Wachsthum derselben Zellen liefert. Jederzeit, wo ich es suchte, liess sich ein Zusammenhang dieser jungen stärkeführenden Gewebe mit den Stärkeschichten älterer Theile, also in letzter Instanz mit dem stärkeführenden Mesophyll fertiger Blätter oder bei Keimen mit den Cotyledonen, Endosperm oder sonstigen Nahrungsbehältern nachweisen.

d) Zellen, welche dazu bestimmt sind, sich stark zu verdicken oder zu verholzen, führen, wie es scheint, niemals Stärke; dahin gehören die Bastzellen, Collenchym, viele Holzzellen, Gefässe, die verholzenden Zellen, welche das Endocarp und die Saamenschale von Ricinus bilden.

Aber in der nächsten Umgebung dieser Zellen findet

sich, während ihre Zellhäute in Verdickung begriffen sind, gewöhnlich ein Gewebe, welches reich an Stärke ist und ihnen das Material zum Wachsthum ihrer Zellwände liefert; diese Rolle spielt der Stärkering der Gefässbündel in Bezug auf den Bast und ähnlich verhalten sich die Zellschichten, welche das noch junge Endocarp von Ricinus und Cheiranthus umgeben, ebenso liegt die sich ausbildende Saamenschale von Ricinus zwischen zwei stärkeführenden Schichten (dem äusseren Integument und der zweiten Schicht des inneren).

e) Wenn während der Vegetation mehr Stärke gebildet wird, als zum Wachsthum der Knospentheile und zur Verdickung der Zellwände älterer Theile nöthig ist, so geht sie zunächst in die Zellen des Markumfanges und dann in die der Rinde, zunächst den Stärkeschichten, über (einige Beispiele unter VII.).

f) Bei der Bildung der Reservenahrung ist es fast ausschliesslich, wo die Stärke in grossen Körnern auftritt, besonders dann, wenn die Zellen der Reservenahrungsbehälter gross sind, während die transitorische Stärke überall in kleinen Körnern erscheint und wohl desswegen im Allgemeinen übersehen worden ist.

Während der Ablagerung der Reservestärke lässt sich ein continuirlicher Zug stärkeführender Gewebe von den Blättern aus durch den Stamm bis zum Ablagerungsgewebe verfolgen; dabei kann aber, wie es scheint, die grüne Rinde die Stelle der Blätter theilweise oder ganz vertreten.

Gewöhnlich wird aber die Stärke bei ihrer Ablagerung als Reservestoff in andere verwandte Stoffe umgebildet, in Oel, seltener in Rohrzucker, Inulin oder in Zellstoff.

g) Im Allgemeinen ist das Vorkommen von Stärke in vegetativen Theilen auf diejenigen Gewebe beschränkt, deren Zellen zwischen ihren Kanten luftführende Intercellularräume bilden, also vorzüglich auf die eigentlichen Parenchymmassen. Daher fehlt die Stärke in dem Urmeristem der Vegetationspunkte, welches noch keine Intercellularräume hat, ferner in der Epidermis (mit wenigen Ausnahmen) und in den gestreckten Zellen der Gefässbündel, so lange diese noch keine Intercellularräume haben (Ausnahmen

sind die unter VI. genannten Zellen in den Gefässbündeln der Cotyledonen der keimenden Ceratonia und die stärkeführenden Gitterzellen im Stamm der Dahlia); unter dieselbe Regel gehört der Mangel der Stärke in den Korkzellen, da diese keine Intercellularräume bilden (hiermit ist Nägeli a. a. O. p. 383 zu vergleichen).

Diese Regel lässt sich auch auf den im Winter stärkeführenden Holzkörper ausdehnen, insofern die luftführenden Gefässröhren und selbst die Tüpfelräume als ein physiologischer Ersatz für die im Parenchym verlaufenden luftführenden Intercellularräume zu betrachten sind. Dagegen scheint das Vorkommen von Stärke im Endospermgewebe von Zea Mais u. A. eine wirkliche Ausnahme zu sein, da ich in demselben keinerlei luftführende Räume finden konnte.

h) Eigenthümlich und nicht ganz erklärlich erscheint das regelmässige Vorkommen der Stärke in den Porenzellen (selbst in den Fächern der Ricinusfrucht) und bei völlig etiolirten Pflanzen und in den Wurzelhauben.

i) Niemals scheint Stärke vorzukommen in Wurzelhaaren und in fertigen Haaren der Stengel und Blätter.

2) Traubenzucker.

a) Er tritt häufig, aber, wie es scheint, nicht immer auf, wenn Stärke in den wachsenden Zellen in Zellstoff übergeht, so bei der Streckung der Keimtheile während der Keimung (s. unter VI.), bei der Ausbildung des Endocarps und der Saamenschale, bei dem Wachsthum der Ablagerungsgewebe (Kartoffeln und Dahlienknollen), d. h. in solchen Fällen, wo eine sehr beschleunigte Vergrösserung oder Verdickung der Zellen eintritt (s. unter VII. u. VIII.).

b) Er scheint immer zu fehlen (d. h. er ist in nicht nachweisbarer Menge vorhanden) in dem Urmeristem der Vegetationspunkte, im zellbildenden Cambium, in fertigen verdickten Zellen (Collenchym, Bast, Gefässe, Endocarp, Testa), ferner in den fertigen Haaren, der Epidermis und endlich in den chlorophyllhaltigen Zellen der assimilirenden Blätter (doch bedarf letzteres noch genauerer Prüfung).

c) Am Ende der Vegetation und in den jungen Früchten scheint Zucker auch in den dünnwandigen Zellen der

Gefässbündel zwischen Cambium und Bast und in den Gitterzellen aufzutreten (Mais, Ricinus unter VII. u. VIII.).

d) Traubenzucker (Dextrin?) findet sich allgemein in den Ablagerungsgeweben der Reservenahrung, bevor die Nahrungsbehälter reif geworden sind (im Endosperm unreifer Saamen unter VIII. in unreifen Kartoffeln und Dahlienknollen).

e) Er entsteht bei der Auflösung der Reservenahrung (im Endosperm von Ricinus, Mais, Dahliaknollen), davon scheinen aber die Cotyledonen von Phaseolus eine Ausnahme zu machen.

f) Endlich scheint Traubenzucker gewöhnlich im Parenchym der Blattstiele und Stammtheile älterer einjähriger Pflanzen aufzutreten, wie die unter VII. für Solanum, Zea, Brassica, Ricinus, Beta mitgetheilten Beobachtungen darthun. Ich möchte hierbei eine Bemerkung nicht unterdrücken, die ich indessen nicht als Behauptung hinstelle, sondern nur um eine mögliche Erklärung anzudeuten. Es wäre nämlich möglich, dass ein Theil der Stärke in den genannten Theilen durch den Einfluss des Lichts in Zucker überginge, da einerseits aus den Beobachtungen von Nièpce und Corvisart*) hervorgeht, dass Stärke durch Sonnenlicht in Dextrin und Traubenzucker übergeführt wird, und da andererseits meine Beobachtungen (Ueber die Durchleuchtung der Pflanzentheile, Sitzungsber. d. kais. Acad. 1860) zeigten, dass das Licht mit namhafter Intensität tief in die Gewebe eindringt. Das angedeutete Auftreten von Zucker in den älteren vegetativen Geweben einjähriger Pflanzentheile, in denen weder energische Streckungsprocesse, noch starke Ablagerung von Reservestoffen stattfindet, kann nicht auf gleiche Linie gestellt werden mit der Zuckerbildung in rasch wachsenden Organen und in den jungen Ablagerungsgeweben. Doch sind hier noch weitere Untersuchungen nöthig. Vielleicht ist der in fleischigen Früchten auftretende Zucker mit in diese Kategorie zu rechnen.

3) Fettes Oel tritt, wie es scheint, in grösserer Menge immer nur als Reservenahrung auf**); in kleineren Quantitäten

*) Annalen der Chemie v. Wöhler u. s. w. 1860, p. 112.

**) Als solche wohl auch in den Knollen von Cyperus esculentus (Treviranus Physiol. d. Pfl. II. p. 47).

scheint es aber sehr allgemein mit Zucker und Stärke zugleich in den verschiedensten Pflanzentheilen vorzukommen. Der microscopischen Nachweisung stehen aber bis jetzt grosse Schwierigkeiten im Wege, die eine methodische Verfolgung der fetten Oele durch alle Theile der sich entwickelnden Pflanzen ganz unmöglich machen.

Wo sich das Fett wegen seiner grösseren Anhäufung microscopisch verfolgen lässt, tritt es jederzeit unter solchen Umständen auf, dass man es als ein Substitut der Stärke betrachten kann, so wie das fette Oel in den Chlorophyllkörnern von Rhipsalis und Cereus (Nägeli), und in den Saamen und Sporen zwingen die Beobachtungen sogar zu der Annahme, dass das Fett nicht nur als Ersatz für die Stärke auftritt, sondern dass es sich entweder aus dieser oder aus Zucker bildet, und bei der Keimung findet ohne allen Zweifel eine Rückbildung des Fettes in diese Substanzen Statt.

Die vorhandenen, freilich sehr ungenügenden Angaben der Chemiker lassen wenigstens soviel erkennen, dass die Fette auch in den vegetativen Theilen sehr verbreitet sind; so in den Schwämmen (neben Mannit und gährungsfähigem Zucker), z. B. Phallus impudicus, Peziza nigra, Hydnum, Polyporus, Cantharellus, Agaricus*); in den Milchsäften von Galactodendron dulce, Hura crepitans, Papaver kommen nach Boussingault**) fette Oele vor; die Halme (und Blätter) blühender Gramineen und Caricineen enthalten nach Arendt und Knop***) einige Procente an Fett; kleine Mengen davon sind auch in den Kartoffelknollen †) und in den Runkelrüben ††) vorhanden. Die Chlorophyllkörner der Moose enthalten nach Nägeli †††) gewöhnlich Stärke, die älteren Theile Oel. Sanio (Untersuchungen über die im Winter stärkeführenden Zellen der Holzkörper dikot. Holzgewächse, 1858, p. 17) giebt an, es fände sich in den Holzparenchymzellen wie in den Markstrahlzellen, welche auch in ihrem sonstigen Inhalt mit einander übereinstimmen, bei manchen Gewächsen ein Stoff von ölartigem

---

*) Rochleder: Phytochemie p. 248—990, und Handwörterbuch der Chemie von Liebig: Artikel Schwämme.

**) Landwirthschaft I, p. 78.

***) Die landwirthsch. Versuchsstationen, II. Bd. p. 32.

†) Ebendas. I. Bd. p. 106.

††) Rochleder a. a. O. p. 79.

†††) Nägeli a. a. O. p. 534.

Aussehen; er habe ihn u. a. bei Zanthoxylon fraxineum, Viburnum Oxycoccos, Lantana, Spiraea Opulifolia, Salix cinerea gefunden. Nach Treviranus (Physiol. II. p. 47) erzählt Rumph von einem Baum auf Java, den er Arbor sevi auch Cadoja nennt, dass „um das Herz" des Stammes ein Oel gelagert sei, der geschmolzenen Kochbutter ganz ähnlich, welches austriefe, wenn man jenen durchschneide, besonders wenn zugleich Feuer darunter gemacht werde. Ich habe hier nur einige der verschiedensten Fälle herausgehoben, Weiteres findet man in Rochleder's Phytochemie.

Wie sich der Traubenzucker in den Fruchthüllen ohne einen erkennbaren Zweck für die Pflanze, also gewissermaassen als Excret ansammelt, so findet etwas Aehnliches auch in den Fruchthüllen der Oelpalme und des Oelbaumes*) mit dem fetten Oele Statt, zum weiteren Beweise, dass dieses in seinen physiologischen Verhältnissen sich durchaus der Stärke und dem Zucker gleichstellt, so verschieden auch die chemischen Charactere dieser Stoffe von denen der Fette sein mögen.

4) Noch weniger lässt sich etwas Genügendes über das Vorkommen von Rohrzucker und Inulin sagen; die vorliegenden Beobachtungen berechtigen nur zu dem einen Schlusse, dass diese Stoffe als Ersatz und zugleich als Umwandlungsproducte der Stärke auftreten, und dass ihre Gegenwart an besondere Umstände geknüpft sein muss, da sie im Verhältniss zu den übrigen Zellstoffbildnern so selten vorkommen.

5) Aus dem Vorkommen, d. h. aus dem Auftreten und Verschwinden der genannten Stoffe in ihrem Verhältniss zur Entwickelung der Gewebe, lässt sich schliessen, dass sie das Material bilden, aus welchem die wachsenden Zellhäute ihre Nahrung ziehen und dass sie dabei Metamorphosen erleiden. So entsteht Traubenzucker aus Stärke (bei der Keimung, in älteren Vegetationsorganen, bei der Fruchtreife) und Inulin bei der Keimung der inulinhaltigen Dahlienknollen, aus Fett (mittelbar oder unmittelbar) bei der Keimung ölhaltiger Saamen; umgekehrt giebt der Traubenzucker das Material zur Bildung der Fette bei der Reife vieler ölhaltiger Saamen, zur Bildung des Inulins bei der Reife der Dahlienknollen, zur Stärkebildung bei der Reife der Kartoffelknollen (und vielleicht der stärkehaltigen Saamen), die unter VII. mitge-

*) Noch andere hierher gehörige Beispiele bei Treviranus: Physiol. der Gewächse, 1838, II. p. 48.

theilten Beobachtungen an Beta lassen sich kaum anders deuten, als dass auch der Rohrzucker aus der Stärke und dem Traubenzucker entstehe, dass umgekehrt Stärke aus Rohrzucker (mittelbar oder unmittelbar) sich bildet, zeigt die Sprossung der Runkelrübe. Als letztes Umwandlungsproduct aller dieser Stoffe lässt sich der Zellstoff der Zellwände betrachten.

X. Ueber die Wanderung der Stärke, des Oels, des Zuckers u. s. w.

Dass der Zucker gleich anderen gelösten Stoffen, von Zelle zu Zelle wandernd, aus einem Organ in das andere übergehen könne, darf wohl als unzweifelhaft angenommen werden. Wenn nun die Beobachtungen zeigen, dass die anderen Zellstoffbildner sich sämmtlich innerhalb der Pflanze in Zucker umwandeln können, so drängt sich die Vermuthung auf, dass für die unlöslichen unter ihnen eine solche Metamorphose vorzüglich dazu diene, ihnen die Wanderung von Zelle zu Zelle in Gestalt von Lösungen zu ermöglichen. In manchen Fällen, wie bei dem Auftreten des Zuckers im Frühjahrssaft der Bäume, welcher während des Winters Stärke im Holz enthalten, kann der Process kaum anders gedacht werden. Allein nicht alle Beobachtungen lassen sich zu Gunsten dieser Annahme erklären, die sich durch ihre Einfachheit so sehr empfiehlt, dass man fast versucht ist, sie ohne weitere Prüfung hinzunehmen. Die Betrachtung der unter VI., VII. und VIII. mitgetheilten Thatsachen lässt es vielmehr zweifelhaft erscheinen, ob Stärke und Oel in Zucker übergehen müssen, um die Zellwände zu durchsetzen. Allerdings tritt häufig neben Stärke, welche man als transitorische, wandernde betrachten muss, auch Zucker auf, und in solchen Fällen könnte man obige Annahme ohne Weiteres gelten lassen. Aber es giebt auch Fälle, wo wir genöthigt sind, die Stärke als wandernde zu betrachten, und wo sich dennoch kein Zucker (oder Dextrin) in den die Wanderung vermittelnden Zellen nachweisen lässt, eine Thatsache, die um so auffallender ist, als an anderen Orten der Zucker in seiner grossen Verbreitung sehr leicht zu erkennen ist. Während in den Früchten der Bohne da, wo die Stärke unmittelbar zur Verwendung kommt (am Endocarp, der Saamenschale), auch Zucker nach-

zuweisen ist, fehlt er hingegen vollständig in dem Funiculus, in dessen Gewebe offenbar die Zuleitung der Stärke, welche der Saame verbraucht, stattfindet. Während der ganzen Zeit der Fruchtreife führt der Funiculus Stärke, die hier offenbar nicht abgelagert wird, denn sie verschwindet bei der Saamenreife; auch wird sie nicht zur Ausbildung des Funiculus selbst verwendet.

Das Parenchym des Nabelstranges bildet den einzigen Weg, auf welchem die zur Reife des Saamens nöthige Stärke eingeführt werden kann, und man muss daher die im Parenchym des ersteren sich findende feinkörnige Stärke als in Wanderung begriffen betrachten.

Ebenso unterliegt es keinem Zweifel, dass die Stärke der Cotyledonen der Bohne während der Keimung in die wachsenden Keimtheile übergeht; die Beobachtung zeigt auch, dass sie sich in den wachsenden Theilen selbst in Zucker umwandelt, bevor die Zellen sich fertig strecken; man sollte demnach erwarten, dass grade in den Cotyledonen, und vor Allem in der Basis derselben, sich während der Keimung reichlich Zucker finden möchte, da man geneigt ist, vorauszusetzen, die Stärke der Cotyledonen müsse sich in Zucker umwandeln, um in den Keim überzugehen. Aber gerade diese Annahme bestätigt sich nicht; es war mir niemals möglich, in den Cotyledonen während der Keimung Zucker zu erkennen, während dies in den sich streckenden Theilen derselben Keime so leicht ist. Und wenn die Stärke der Cotyledonen in Zucker übergehen müsste, um in die Keimtheile zu wandern, so wäre es auch wieder nicht erklärlich, dass sich in diesen letzteren zuerst kleinkörnige Stärke anhäuft, welche erst später während der Streckung in Zucker übergeht. Die Keimung beginnt nicht mit Zuckerbildung, sondern damit, dass die Zellen der Keimtheile sich mit Stärke füllen, die dann erst in Zucker verwandelt wird, wenn die Streckung beginnt.

In ganz ähnlicher Art räthselhaft ist das Verhalten der Stärke bei der Keimung des Maiskornes. Das Parenchym des Scutellum ist der einzige Weg, auf welchem die Stärke aus dem Endosperm in den Keim übergehen kann; auch bildet sich in den späteren Keimstadien im Endosperm Zucker; allein in dem Schildchen, welches die Wanderung vermittelt, findet sich niemals Zucker, wohl aber immerfort kleinkörnige Stärke, deren Material aus dem Endosperm stammt, und in die wachsenden Keimtheile übergeht,

die also offenbar in Wanderung begriffen ist; erst in den sich streckenden Keimtheilen geht die dahin gewanderte Stärke in Zucker über.

Hierher gehört auch das Verhalten der die Gefässbündel begleitenden Stärkeschicht in den Blättern und Stammtheilen junger Pflanzen (nach der vollendeten Keimung), während in diesen Theilen kein Zucker vorhanden ist. Ich glaube, die in den früheren Abschnitten mitgetheilten Beobachtungen zwingen zu der Annahme, dass die Stärke in jenen Stärkeschichten in Wanderung begriffen ist; ohne diese Annahme werden alle Erscheinungen im Verhalten der Zellstofferzeuger räthselhaft, mit ihr erklärt sich fast Alles ganz ungezwungen. Und wenn nun wirklich die Stärke der Stärkeschichten in Wanderung begriffen ist, so fällt es auf, dass man in oder neben diesen Zellen nicht auch Zucker findet (das tritt erst in den älteren Pflanzen ein).

Ich denke, für die Erklärung dieser überraschenden Thatsachen bleiben nur zwei Annahmen übrig: 1) man könnte behaupten, die zur Zuckernachweisung benutzte Methode sei nicht hinreichend genau, um sehr kleine Quanta nachzuweisen. Und man könnte dann weiter schliessen, die Stärkekörner verwandeln sich in den genannten Geweben allerdings in Zucker, der, in die nächste Zelle eintretend, wieder in Stärkekörner übergeht, dann wieder in Zucker aufgelöst wird, um abermals eine Zellwand zu durchsetzen und sich abermals in Gestalt von Stärke niederzuschlagen. So würde sich der Zustand der transitorischen Stärke allerdings gestalten können, da natürlich an eine Wanderung der Stärkekörner selbst nicht zu denken ist. Die eben gemachte Annahme setzt voraus, dass in jedem Augenblick nur äussert geringe Quanta von Zucker in den betreffenden, die Wanderung vermittelnden Zellen vorhanden sind, die eben wegen ihrer Kleinheit nicht nachweisbar sein würden. Diese Annahme wird aber zweifelhaft, wenn man bedenkt, mit welcher grossen Geschwindigkeit die Stärke aus dem Endosperm und den Cotyledonen bei hoher Keimungstemperatur in die Keimtheile übergeht; hierbei ist kein Zucker in den leitenden Zellen nachweisbar, während doch die angewendete Methode hinreicht, den Zucker da nachzuweisen, wo er zur Ernährung des Endocarps und der Saamenschale dient, wo er, aus Stärke entstehend, sogleich zur Bildung von Zellstoff verwandet wird. Das ist offenbar ein ähnlicher Process, wie der eben für die Wanderung

der Stärke angenommene; da die Methode in dem einen Falle den Zucker erkennen lässt, warum sollte sie ihn im anderen nicht zeigen, wenn er überhaupt aufträte; und grade bei dem Uebergang der Stärke aus den Cotyledonen und dem Endosperm in den Keim ist die Wanderung eine so rasche, dass, wenn sie durch Zuckerbildung vermittelt würde, dieser doch nicht in unmerkbaren Spuren auftreten könnte.

Indessen ist diese Betrachtung für mich weniger bindend, als der Umstand, dass die Keimtheile beim Beginn der Keimung sich zuerst nur mit Stärke füllen, dass diese erst später in Zucker übergeht, nämlich dann, wenn die Ernährung der Zellhäute beginnt, in denen die Stärke bereits eingeschlossen ist.

2) Die andere Annahme zur Erklärung der Art, wie die Stärke in den genannten Fällen (vielleicht immer) wandert, wäre die, dass die Stärke als solche wandert. Es ist möglich, dass die Körnchen in den leitenden Geweben sich auflösen, d. h. in Stärkelösung übergehen und dann sogleich die Zellwand durchdringen, um in der nächsten Zelle sich in Gestalt von kleinen Körnchen niederzuschlagen, die ihrerseits sich früher oder später wieder lösen und so eine nächste Zelle erreichen*). Dieser Annahme wird, wie der ersten, durch den Umstand eine Stütze gegeben, dass die Stärke in den Geweben, wo sie als transitorisch zu betrachten ist, fast immer in kleinen Körnchen auftritt, was mit dem wiederholten Lösen und Niederschlagen wohl zu vereinigen wäre.

Das gelegentliche Auftreten auch etwas grösserer Körnchen in solchen Zellen würde gegen die Annahme nicht sprechen.

Ein Einwurf gegen die zweite würde aber dadurch zu machen sein, dass wir über die Löslichkeit der Stärke als solche noch immer nicht im Reinen sind**). Indessen verliert dieser Einwand wenigstens zum Theil dadurch seine Bedeutung, dass der Zellsaft ein eigenthümliches Gemisch von Lösungen organischer und unorganischer Stoffe ist, in denen die Lösungsfähigkeit der Stärke eine wesentliche andere sein kann, als im reinen Wasser.

Ich möchte schliesslich noch an den schon oben hervorgeho-

---

*) Es wird hierbei vorausgesetzt, dass jede kleinste Menge von Stärkelösung sogleich in die nächste Zelle geht und dort sich niederschlägt, denn sonst müsste man die Stärkelösung mit Jod nachweisen können.

**) Nägeli a. a. O. p. 92 u. ff. und p. 295.



benen Umstand erinnern, dass in dem Urmeristem der Vegetationspunkte und im Cambium niemals Stärke oder Zucker nachzuweisen ist, und dass dennoch die Substanz in diesen sich theilenden Zellen vorhanden ist, um die primären Zellhäute zu bilden. An eine ursprüngliche Erzeugung dieser Substanz in den zellbildenden Geweben, d. h. an eine Erzeugung des Zellstoffs aus seinen entfernteren Bestandtheilen, ist wohl nicht zu denken; viel wahrscheinlicher ist es, dass das Plasma der sich theilenden Zellen aus eiweissartigem Schleim und einem der Stärke verwandten Stoffe (oder mit dieser selbst) gemischt ist, und dass die erste Zellhautbildung während und nach der Theilung eine blosse Absonderung des im Plasma schon enthaltenen Zellstofferzeugers sei*).

Indessen sind die eben gemachten Andeutungen nur ein Versuch, das etwa Mögliche zur Geltung zu bringen. Es würde sich Aehnliches in Bezug auf die Wanderung des Oels sagen lassen, wenn es nicht allzu misslich wäre, sich in Annahmen und Folgerungen zu vertiefen, wo doch nur vollkommenere microchemische Methoden entscheiden können.

Doch möchte ich trotzdem nicht versäumen, darauf hinzuweisen, dass bei der Keimung von Ricinus, Cucurbita, Amygdalus communis eine Wanderung des Oels als solchen nicht unwahrscheinlich ist. Der Embryo im reifen Ricinussaamen ist allerdings mit Oel bereits erfüllt; aber wenn die Keimwurzel schon vollständig ausgebildet ist, das hypocotyle Glied sich zu strecken beginnt, wenn also schon ein bedeutender Stoffverbrauch stattgefunden hat, so findet man neben der Stärke im hypocotylen Gliede doch noch Oel in namhafter Menge; in den Cotyledonen, welche sich schon wesentlich vergrössert haben und noch dazu den Stoff, den sie, aus dem Endosperm aufgenommen, an das hypocotyle Glied abgeben, findet sich Oel von Anfang bis Ende der Keimung, neben welchem nur Spuren von Zucker auftreten. Dieses in den Keimtheilen selbst am Ende der Keimung noch enthaltene Oel kann nicht blos Ueberrest des schon im Embryo enthalten gewesenen

*) Die Angaben von Langlois (bei Unger, Anat. u. Phys. d. Pfl. 1855. p. 324), wonach das Cambium Rohr- und Traubenzucker enthält, können hier nicht maassgebend sein, da man wohl nicht im Stande ist, das zellenerzeugende Cambium frei von allen anderen Geweben, welche Zucker enthalten, darzustellen; nach meinen Untersuchungen muss ich eine solche Trennung für unmöglich halten.

sein; dazu ist es in zu grosser Menge vorhanden; es scheint Oel als solches aus dem Endosperm in die Cotyledonen und aus diesen in die Zellen der Axe überzugehen.

Für eine ähnliche Thatsache bei der Keimung des Kürbis kann ich mich auf eine sehr sorgfältige Untersuchung von Dr. Peters*) berufen, die mit meinen microscopischen Untersuchungen sehr gut stimmt. Die Wurzel und das hypocotyle Glied enthalten bei Cucurbita selbst in den späteren Keimungsstadien, wo die Zellen das Mehrhundertfache ihres Volums im Embryo erreicht haben, sehr namhafte Mengen von Oel, während es in den Cotyledonen sich mindert. Wenn man nun die gestreckte Wurzel und das gestreckte hypocotyle Glied mit dem kleinen Radiculartheile des Embryo's vergleicht, so leuchtet ein, dass dieses unmöglich in seinen kleinen Zellen schon all das Oel kann enthalten haben, welches in den gestreckten Axentheilen später enthalten ist. Es muss also eine Wanderung von Oel aus den Cotyledonen in die wachsende Wurzel und das sich streckende hypocotyle Glied hinab stattfinden. Grade so verhält es sich auch bei der keimenden Mandel.

In Bezug auf die Richtung, welche die wandernden Stoffe, mit denen wir uns hier beschäftigen, in der Pflanze einschlagen, lässt sich, wie ich glaube, ein ganz allgemeines Gesetz aufstellen. Die Stoffe verfolgen nämlich nicht eine räumlich, sondern eine physiologisch bestimmte Richtung, d. h. sie wandern von dem Orte ihrer Entstehung oder ihrer Ablagerung zu den Orten, wo sie verbraucht oder von Neuem abgelagert werden. Auch hier bietet wieder die Keimung die besten Anhaltspunkte. Bei dem Mais bildet in den späteren Keimungsstadien das aufsaugende Scutellum den Mittelpunkt zwischen der absteigenden Wurzel und dem aufsteigenden Stengel mit den Blättern; in jener wandert die Stärke abwärts, während sie gleichzeitig und später in diesem aufwärts steigt; ebenso ist es in den späteren Keimungsstadien der Bohne. Die Kartoffel und die Georgine liefern recht auffallende Beispiele für diese Verhältnisse während der Vegetationszeit. Die in den Blättern bereitete Stärke steigt in den Stärkeschichten des Stammes gleichzeitig abwärts in die Knollen, und aufwärts zu den Blattknospen, dort um

*) Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen, Heft 7., p. 9.

abgelagert zu werden, hier um das Wachsthum der jungen Stammtheile und Blätter zu ermöglichen. Dasselbe, wie von der Stärke des Bohnenkeimes, gilt von dem Oel bei der Keimung der Mandel. Da auch gleichzeitig die Holzschichten im Stamme auf Kosten der wandernden Stärke wachsen, so findet neben der gleichzeitigen Strömung (wenn dieser Ausdruck erlaubt ist) nach oben und unten auch eine in die Quere Statt.

Die vorwiegend absteigende Richtung des „Nahrungssaftes" ist offenbar nur ein besonderer Fall des allgemeinen Gesetzes, dass die assimilirten Stoffe sich von dem Orte ihrer Entstehung nach dem ihrer Verwendung hinziehen. Wenn gleichzeitig mit der Ablagerung der nach unten wandernden Reservestärke in den Baumstämmen an den Enden der Zweige Früchte reifen, so findet gleichzeitig eine entgegengesetzte Strömung derselben Stoffe nach oben und unten Statt. (Vergl. J. Hanstein, diese Jahrb. II. Bd., p. 392.)

XI. Historischer Nachtrag.

Was die Thatsachen anbelangt, so habe ich das mir Bekannte aus der Literatur schon in den betreffenden Abschnitten beigebracht; hier möchte ich noch die Ansichten einiger Schriftsteller anführen, welche mit den im Vorigen behandelten Thatsachen im Zusammenhange stehen. Es handelt sich darum, zu zeigen, in wie weit die gleich Eingangs von mir ausgesprochene Ansicht, welche ich der Deutung der einzelnen Beobachtungen zu Grunde zu legen suchte, neu ist.

In den „Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls" (Vermischte Schriften p. 360) macht Hugo von Mohl folgende Bemerkung, die mir vor allen hierher zu gehören scheint: „Fragt man nach dem physiologischen Zweck, welchen die Natur durch diesen Absatz von Amylum in den Blättern (es ist von dem Amylum im Chlorophyll die Rede) erreicht, so möchte wohl darauf zu antworten sein, dass es eine Reservenahrung ist, dazu bestimmt, um bei den nur einmal blühenden Gewächsen zur Entwicklung der Frucht verwendet zu werden, und um bei den ausdauernden, im Winter ihre Blätter verlierenden Gewächsen im Herbste in den Stamm übergeführt und daselbst als Material nie-

dergelegt zu werden, auf dessen Kosten sich im nächsten Frühjahr die Knospen entwickeln sollen. Bedenkt man, wie gross die Masse der Blätter eines Baumes ist, und wie zahlreich in ihnen die Chlorophyllkörner sind, so erhellt, dass die Menge von Amylum, welche in ihnen enthalten ist, sehr beträchtlich sein muss, und dass die Unterschiede zwischen den Monocotylen und Dicotylen in Beziehung auf diesen, in der Ernährung der Pflanze eine so wichtige Rolle spielenden Stoff, nicht so bedeutend sind, als man früher annehmen musste, so lange man nicht wusste, dass bei den Dicotylen sich Amylum im Winter in dem Holze und im Sommer in den Blättern findet, und daher glaubte, dass das Amylum vorzugsweise von Monocotylen und von den Dicotylen nur in den Knollen in Menge bereitet werde.“

H. v. Mohl nimmt demnach einen Uebergang der Stärke aus den Blättern in die Saamen und den Stamm wenigstens in so weit an, als es sich um die Ablagerung der Stärke als Reservenahrung handelt. Im Grunde bin ich nur um einen Schritt weiter gegangen, wenn ich annehme, dass auch während der Vegetationszeit ein continuirlicher Abfluss der im Chlorophyll der Blätter und der grünen Rinde gebildeten Stärke in den Stamm und von dort aus in die wachsenden Theile stattfinde, und ich glaube, dass diese Erweiterung hinreichend gerechtfertigt ist, durch die Erwägung, dass die jungen Theile während der Vegetation so gut Nährstoffe brauchen, als die Radicula und Plumula der sich entfaltenden Keime und die Frühjahrstriebe der Bäume, für welche ja eine Ernährung durch die Reservestoffe (welche nach v. Mohl in letzter Instanz aus den Blättern stammen) allgemein zugegeben wird, ferner durch die Beobachtung, dass die jungen Organe der vegetirenden Pflanzen (gleich den Keimorganen während ihrer Streckung) regelmässig Stärke führen, und endlich durch die Thatsache, dass die stärkeführenden Schichten, welche die Gefässbündel begleiten, eine continuirliche Verbindung gestatten, zwischen dem Orte, wo die Stärke entsteht (den Blättern) und den Organen, wo sie zum Wachsthum der jungen Zellhäute verbraucht wird. Ebenso, wie eine einmalige Wanderung der Stärke aus den Blättern in die anderen Theile möglich ist, lässt sich dies natürlich auch als ein continuirlicher Process betrachten, der so lange stattfindet, als die fertigen Blätter thätig bleiben. Man könnte freilich einwenden, dass durch die Abführung der Stärke aus den Blättern

in den Stamm im Herbst jene aber ihre Stärke verlieren und dann entleert abfallen, wie H. v. Mohl p. 360 angiebt und wie ich mich an frisch abgefallenen gelben Blättern von Ulmus und Acer-Arten überzeugt habe, und man könnte fortfahren, dass eine solche Entleerung der Blätter im Sommer gewöhnlich nicht stattfinde, dass vielmehr die Blätter, die nach meiner Ansicht immerfort Stärke hergeben, auch immerfort reicher daran werden.

Ich glaube aber, dass dieser Einwand leicht zu beseitigen ist; denn wenn das Chlorophyll einmal das stärkeerzeugende Organ ist, so wird der dem Stamme u. s. w. zugeführte Theil der Stärke in den Blättern leicht dadurch ersetzt werden, dass das Chlorophyll fortfährt, Stärke zu bilden, und sogar mehr zu bilden, als der Abgang beträgt, wodurch sich dann leicht die Anhäufung mit zunehmendem Alter in den Blättern trotz des fortdauernden Abflusses erklärt*). Für die immergrünen Pflanzen würde eine einmalige Abführung der Stärke aus den Blättern ohnehin nicht ausreichen und bei solchen Pflanzen, welche gleichzeitig vegetiren und fructificiren, welche fortfahren zu wachsen, während sie blühen, unreife und reife Früchte tragen, wie der Kürbis, muss offenbar der Abfluss der Stärke aus den Blättern in die Früchte in die Zeit fallen, wo zugleich die jungen Knospentheile bei ihrer fortwährenden Entfaltung einen ähnlichen Zustrom für sich bedürfen.

---

*) Auch Hartig's Angaben (Botan. Zeit. v. Mohl u. Schlechtendal, 1858, p. 332) sprechen dafür, dass ein dauernder Abfluss von Stärke aus den Blättern in den Stamm der Bäume stattfindet. Nachdem die Reservenahrung aus Wurzel und Stamm verschwunden und zur Ausbildung der Frühjahrstriebe verwendet worden ist, beginnt nach Hartig die Wiederansammlung der Stärke beim Ahorn schon im Mai, bei der Lärche im Juni, bei der Eiche im Juli, der Kiefer im September; diese Wiederansammlung beginnt nach Hartig in den Wurzeln und schreitet aufwärts fort; so soll die Ablagerung der Stärke in den Endtrieben bei Ahorn erst Anfangs August, der Eiche Mitte September, der Lärche Anfangs October, der Kiefer Mitte October anfangen. Wenn demnach die Stärkeansammlung in der Wurzel und im Stamme eigentlich so lange dauert, als der Zeitraum von dem Fertigwerden der Blätter bis zum Ende der Vegetationsperiode beträgt, und während dem die fertigen Blätter doch immerfort Stärke im Chlorophyll haben, so scheint das nur dadurch erklärlich, dass die Blätter, sobald sie fertig geworden sind (auf Kosten der früheren Reservenahrung), sogleich anfangen, Stärke zu bereiten und in die unteren Theile zu senden, indem sich der Abgang im Chlorophyll immer erneuert; erst wenn das Chlorophyll selbst zerstört wird (im Herbst), findet der letzte Abfluss Statt, ohne dass ein Wiederersatz in ihm möglich ist.

Wenn der Abzug der Stärke aus den Blättern im Herbst eine Entleerung bewirkt, so ist ersichtlich, dass dies einfach daher rührt, dass das Chlorophyll im Herbst zerstört wird, und folglich den Verlust nicht mehr ersetzen kann, während im Sommer der durch Ableitung entstandene Verlust durch das noch thätige Chlorophyll ersetzt wird.

Mulder's vielfach besprochene Ansicht, dass das Chlorophyll aus der Stärke und nicht umgekehrt die Stärke aus dem Chlorophyll entstehe, darf wohl jetzt als völlig antiquirt betrachtet werden, nachdem H. v. Mohl Gründe dagegen geltend gemacht hat, die sich in keiner Weise aus Mulder's Ansicht widerlegen lassen, seitdem Nägeli's und Cramer's Beobachtungen über die Bildung der Stärke in den Chlorophyllkörnern vorliegen.

In Bezug auf die Wanderung der Stärke durch die Gewebe finde ich auch bei Payen (sur l'Admidon: Annales des sciences, 1838, p. 212) eine Stelle, welche darauf hindeutet, dass er an einer derartigen Fortbewegung nicht zweifelt, obwohl die wenigen Worte über das „Wie?" nichts enthalten. Ich glaube Payen's Worte selbst anführen zu müssen: „La fecule tres abondante dans les jeunes gousses des pois, des haricots et des fêves, alors qu'il n'en existe pas encore dans les ovules, passe graduellement dans ceux-ci, où la presque totalité se rassemble en définitive dans les cotylédens de la graine.

Le passage entre les tissus se fait beaucoup plus rapidement, durant même la croissance d'une seul plante annuelle: ainsi on peut la suivre à l'aide de toutes les réactions précitées, dans toutes (?) les parties qui supportent et envéloppent les épis et les fruits du Mais. Ainsi les pédoncules de ces épis, tous les feuillets de leur spathe, les supports des fruits, les teguments des ceux-ci, contiennent successivement et se transmettent de proche en proche de l'amidon en granules, gros de 1 à 2 millièmes de millimètre au plus, avant que l'amidon n'arrive dans le périsperme, où il doit s'accumuler à l'abri, seulement alors, la transformation en dextrine et en sucre, changemens qui ne commenceront qu'à l'époque où la germination rénouvellant les mêmes circonstances, puisera dans les périsperme les matériaux d'une alimentation nouvelle."

Nägeli äussert sich in dieser Beziehung folgendermaassen (a. a. O. p. 290): „Es finde in einjährigen Stengeln eine Wan-

derung des Amylum von unten nach oben Statt"*), und weiter unten „vom Stengel geht die Stärke in den Blüthenstiel, in die Wandung des Fruchtknotens, in den Saamenträger, in die jungen Saamenschalen, das Albumen und zuletzt in den Embryo; und wie sie weiter geht, verschwindet sie in den früheren Theilen ganz oder theilweise." — „So wandert also die Stärkebildung wie das Pflanzenleben und bildet in vielen Fällen einen vollständigen Cyclus, indem sie in den Saamen für einige Zeit aufhört und beim Keimen derselben wieder fortgesetzt wird. Eine solche ununterbrochene Wanderung des Amylums finden wir bei einigen Cryptogamen, deren Sporen stärkehaltig sind z. B. bei den Charen, Marsileaceen, und bei solchen Phanerogamen, deren Embryo reich an Amylum ist." — „Meistens findet aber eine Unterbrechung in der Stärkebildung Statt, indem an deren Stelle ein anderer Reservenahrungsstoff tritt. Diese Unterbrechung geschieht vorzüglich bei der Fortpflanzung und zwar in doppelter Art; entweder schreitet die Bildung des Amylum bis in das letzte und innerste Product der Frucht und des Saamens fort, oder dasselbe verschwindet wieder; oder die Stärkebildung hört früher auf, so dass gewisse Theile immer stärkelos sind, indess die übrigen ihre Stärke behalten oder ebenfalls verlieren können" (einige der von Nägeli hierher gerechneten Beispiele sind früher schon erwähnt worden).

In Bezug auf das Verhalten des Oels als Zellstofferzeugers, auf seine Umwandlung in Zucker und Stärke und endlich in Zellstoff, auf die dabei eintretenden Verluste durch Oxydation des Kohlenstoffs, durch Bildung von Extractivstoffen, Bitterstoffen und Pektin ist die schon erwähnte Arbeit von Peters (die landwirthschaftl. Versuchsstationen, 1861), „zur Keimungsgeschichte des Kürbissaamens", zu berücksichtigen. Ohne vollständige Mittheilung der von Peters gewonnenen Zahlen würde ein Auszug aus seiner Arbeit keinen Werth haben, weshalb ich auf das Original selbst verweisen muss.

Nachträglicher Zusatz. Meine im Obigen begründete Ansicht, dass die Stärke (oder zuweilen andere Zellstoffbildner) schon als solche durch die synthetische, assimilirende Thätigkeit des Chlorophylls der Blätter aus den hier zusammentreffenden Nährstoffen gebildet wird, steht im schärfsten Gegensatz zu der von Th. Hartig (Botan. Zeit. 1862, p. 82, 83) gemachten An-

*) Als Beispiel führt er Orobanche, also einen Schmarozer an.

nahme, dass in den Blättern ein „Bildungssaft“ oder „das Organische auf seiner ersten, noch flüssigen Stufe“ (also eine Art Urschleim von unbestimmter Natur) entstehe und durch den Bastkörper fortgeführt erst an den Ablagerungsorten in die bekannten Substanzen von bestimmter Natur: Stärke, Inulin, Klebermehl u. s. w. übergehe. Meine oben mitgetheilten Beobachtungen sind, wie ich glaube, hinreichend, Hartig's Ansicht in Bezug auf die hier besprochenen Stoffe zu widerlegen.

Zusätze und Berichtigungen

zu den

1851 veröffentlichten Untersuchungen der Entwickelung höherer Kryptogamen

von

W. Hofmeister.

Eine Ueberarbeitung meines in der Ueberschrift genannten Buches, nöthig geworden durch die Veröffentlichung einer Ausgabe desselben in englischer Sprache von Seiten der Ray-Gesellschaft, veranlasste mich zur wiederholten Untersuchung einiger mir zweifelhaft gewordenen Punkte. Das Ergebniss dieser Untersuchungen will ich hiermit deutschen Lesern mittheilen.

Zellenfolge der Fruchtanlage von Anthoceros laevis.

Ich habe (a. a. O. S. 6) die Reihenfolge der Theilungen, welche in der Scheitelzelle halb entwickelter Fruchtanlagen vor sich gehen, als eine rechtsumläufig schraubenlinige dargestellt. Dies beruht auf einem Schreibfehler in den jener Darlegung zu Grunde gelegten Beobachtungsnotizen. Wenn die Scheitelzelle aufhört, durch nur nach zwei einander entgegengesetzten Richtungen geneigte Wände sich zu theilen (eine nur in der frühesten Jugend der Fruchtanlage bestehende Vermehrungsform), und wenn ausser den z. B. nach Westen und Osten geneigten Theilungswänden auch nach Norden und Süden gekehrte auftreten, so ist die Aufeinanderfolge dieser Theilungen der Art, dass nach einer

z. B. gegen Westen gekehrten Theilungswand eine nach Osten geneigte sich entwickelt, dass dieser eine gen Süden, dieser eine gen Norden gerichtete folgt, und so fort. Die Form der Scheitelzelle ähnelt der eines dreiseitigen, mit einer der Längskanten nach unten gekehrten Prisma's. Ihre Scheitelfläche ist parallelogrammatisch. Die einer der längeren Seitenflächen parallelen Theilungswände schneiden die andere lange Seitenfläche; die einer der kurzen dreiseitigen Flächen parallelen Theilungswände schneiden die nach unten gewendete Längskante der Zelle. Die aus jenen Theilungen hervorgegangenen Zellen zweiten Grades haben die Gestalt eines Parallelopipedon; die durch diese Theilungen entstandenen die Form dreiseitiger Prismen. Die Theilungen der parallelopipedischen Zellen zweiten Grades durch zur Längsachse der Frucht radiale Längswände treten früher ein, und wiederholen sich öfter, als die entsprechenden Theilungen der prismatischen Zellen zweiten Grades. Diese Theilungen der langen, parallelopipedischen Zellen erfolgen in der Regel so, dass zunächst die Zelle in eine kleinere und eine grössere Theilhälfte zerlegt wird. Die letztere theilt sich dann sofort nochmals durch eine der letztentstandenen parallelen Wand. Fernere radiale Längstheilungen erfolgen vorzugsweise in den seitlichsten Zellen des aus Vermehrung der einen Zelle zweiten Grades hervorgegangenen Complexes, so dass in seitlich-tangentaler Richtung die Zahl der Zellen desselben eine ungerade, 3, 5, 7, etc. zu sein pflegt. Den Theilungen der Zellen der Aussenfläche der Frucht, welche der Scheitelzelle zunächst angränzen, durch radiale Längswände folgt bald die, durch auf der freien Aussenfläche gleichfalls senkrechte Querwände. In den von schmaleren Zellen zweiten Grades abstammenden solchen Zellen geht diese Theilung in der Regel jener voraus. Zur Fruchtachse radiale Streckung und Zellvermehrung in Richtung der Seiten des Paraboloïds, welches den Gipfel der Fruchtanlage darstellt, sind etwas intensiver in der Nachkommenschaft der breiteren Zellen zweiten Grades, als in der der schmaleren. Der Umriss der Ansicht von oben des Complexus der aus der Vermehrung je vierer, der Anlage nach zusammen ein Rechteck bildenden Zellen zweiten Grades hervorgegangener Zellen, welche auf den frühesten Zuständen elliptisch ist, wird dadurch bald in die Kreisform übergeführt.

Allmäliges Wachsen der Wände der Specialmutterzellen des Anthoceros laevis von der Peripherie der Mutterzelle zu deren Centrum.

Das starke Aufquellungsvermögen in Wasser der inneren Schichten der verdickten Mutterzellhaut, welche selbst concentrirten Salzlösungen Wasser entziehen, hat bei früheren Untersuchungen mich gehindert, die Beobachtungen H. v. Mohl's vom allmäligen Vorschreiten der Bildung der die Mutterzelle theilenden Scheidewände von deren Innenwand zum Mittelpunkte zu wiederholen*). Neuerdings habe ich das Object in Alkohol untersucht. In concentrirtem Alkohol unterbleibt das Aufquellen; in solchem von etwa 30 pCt. Wassergehalt ist es sehr vermindert. Werden Sporenmutter-Zellen, in denen die vier tertiären Kerne völlig ausgebildet sind, in solchen Alkohol gebracht, so contrahirt sich zunächst der Zelleninhalt. Dann beginnt ein mässiges Aufquellen der Zellhaut, welches zunimmt, je alkohol-ärmer die Flüssigkeit auf dem Objectträger durch Verdunstung wird. Man erkennt jetzt deutlich, dass es vorzugsweise eine mittlere Schicht der Wand ist, welche ihr Volumen durch Wassereinsaugung vergrössert. Die äusserste Lamelle der Zellhaut folgt der Grössenzunahme der mittleren, indem sie passiv ausgedehnt wird. Setzt man dem Präparate absoluten Alkohol zu, so wird der aufgequollenen Membranschicht Wasser entzogen. Sie verkleinert sich; die äusserste Lamelle der Zellhaut wirft sich dabei in Falten, indem sie ihr Volumen nicht in demselben Grade verringert, wie die mittlere, und indem ihre Elasticität ihrer Dehnbarkeit nicht gleich kommt. — Seitdem ich das Verfahren der Untersuchung in Alkohol anwende, finde ich in jeder der Dissection unterworfenen halbentwickelten Frucht zwischen den noch ungetheilten, und den vollständig in vier Tochterzellen getheilten Sporenmutterzellen solche, auf deren Innenwand die Anfänge der künftigen Scheidewände in Form nach Innen vorspringender Leisten verlaufen. Bei Zusatz von Wasser zu solchen Präparaten erscheinen die unvollständigen Scheidewände als directe Fortsetzungen der innersten, mit Wasser minder aufquellenden Schicht der Zellhaut. — Das Aufquellen der inneren Schichten der Mutterzelle findet unter eigenthümlichen Erscheinun-

*) Linnaea 1836; vermischte Schriften. S. 89.

gen bei solchen Mutterzellen Statt, in denen sehr zahlreiche Protoplasmastränge von den tertiären Kernen zur Zellwand verlaufen. Die aufschwellende Substanz der Haut drängt nicht diese Protoplasma-Fortsätze (welche auch durch Behandlung mit absolutem Alkohol nicht zur Ablösung von der Innenwand der Zelle gebracht werden können) nach Innen, sondern sie modellirt sich um dieselben, ihnen genau sich anschmiegend*). Die aufgequollene Substanz der Membran ist sichtlich minder fest, als die jener Protoplasma-Stränge. Gleichwohl bricht die aufgequollene Schicht der Membran mit scharfen Kanten, wenn die Zelle durch Druck auf das Deckglas gesprengt wird. Erst nach längerem Verweilen in vielem Wasser vertheilt sich in demselben die Substanz der quellungsfähigen Schichten; zunächst die der mittleren, später die der innersten. Die äusserste Lamelle der Haut bleibt schiesslich leer zurück.

Entwickelungsgeschichte des Stängels beblätterter Muscineen.

Die erste richtige Darstellung der Zellvermehrung in der äussersten Stengelspitze von Sphagnum ist von Nägeli gegeben worden (Pflanzenphysiologische Untersuchungen I, Zürich 1855, S. 76). Ich hatte früher (vergleichende Untersuchungen, Leipzig 1851, S. 60) irrthümlich den Vorgang als die wiederholte Theilung einer zweiflächig zugeschärften Scheitelzelle mittelst wechselnd je einer und der anderen Seitenfläche paralleler Wandungen aufgefasst. Der Grund dieses Irrthums lag in Folgendem: Wenn die Gipfelzelle eines sehr schlanken paraboloïdischen Zellkörpers die Scheitelwölbung desselben vollständig einnimmt (wie dies bei Stängelenden von Sphagnum und der Moose überhaupt, sowie bei denen von Equisetum der Fall ist), so wird man bei Ansicht des Körpers von oben in der Regel nur einen Theil der Seitenkanten der Scheitelzelle, aber nicht die der benachbarten Zellen zweiten

*) Die Beobachtung derartiger Fälle war es vermuthlich, welche Kützing zu der abenteuerlichen Vorstellung führte, dass die Hervorragungen des Exosporium erhärtete Strömungsfäden des Protoplasma seien, welches jeden der Zellenkerne umgiebt (Philos. Bot., Lpz. 1851, 264). Die Irrthümlichkeit dieser Ansicht ergiebt sich sofort aus dem Umstande, dass das Exosporium von Anthoceros beim ersten Sichtbarwerden eine völlig glatte Aussenfläche besitzt. Protuberanzen desselben sind von verhältnissmässig später Entstehung.

Grades deutlich erblicken. Diese Kanten sind Bogen, und zwar bei steiler Wölbung des Stängelendes Bogen von um so stärkerer Krümmung, je beträchtlicher die relative Grösse der Zellen zweiten Grades ist, ein je grösserer Theil der Endzelle bei ihrer Theilung als Zelle zweiten Grades abgeschieden wird. Sind die Kanten der Scheitelfläche der Endzelle an der Knospe so tief herabgedrückt, dass da, wo je zwei derselben sich schneiden, die Seiten der Knospe einen hohen Grad von Steilheit besitzen, so wird bei der Ansicht von oben nur der mittlere Theil jeder Kante mit voller Deutlichkeit gesehen werden können.

Bei dreiseitig umgekehrt pyramidaler Form einer Scheitelzelle, mit hoch gewölbter Scheitelfläche, die in stetig wiederholter schraubenliniger Folge durch je einer der Seitenflächen parallele Wände sich theilt, muss unmittelbar nach jeder zweiten Theilung eine der Kanten der Scheitelfläche bedeutend länger, nach jeder dritten Theilung bedeutend kürzer sein, als die beiden anderen. Dieses Verhältniss wird um so greller hervortreten, ein je grösserer Theil der Scheitelzelle als Zelle zweiten Grades abgeschieden wird. In einem System sich ähnlicher sphärischer Dreiecke mit gemeinsamem Centrum, welches in der Art construirt wurde, dass man innerhalb jedes nächstgrösseren Dreiecks drei, successiv je einer der Seiten jenes parallele Bogen zog, ist nur bei Beginn oder Schluss eines jeden Umlaufs von Bögen das innerste Dreieck gleichseitig; nach der Construction des ersten Bogens des neuen Umlaufs ist das innerste Dreieck gleichschenklich mit längerer Grundlinie, nach dem Ziehen des zweiten Bogens gleichschenklich mit kürzerer Grundlinie, mit um so kürzerer, je stärker die Krümmung der Bogen, und je weiter der Abstand von der ihnen parallelen nächstäusseren Dreieckseite ist. Wenn die Krümmung der Bogen höher steigt als 90°; wenn der Längsdurchmesser der Aussenfläche einer Zelle zweiten Grades die Hälfte von demjenigen der Zelle ersten Grades beträgt, durch deren Theilung jene entstand; endlich, wenn vermöge des der Pflanze innewohnenden Bildungstriebes die Form der Scheitelfläche der Zelle ersten Grades im Momente der Theilung nicht die eines gleichseitigen, sondern eines gleichschenkligen sphärischen Dreiecks ist — dann kann es dahin kommen, dass die Intersectionspunkte der beiden längeren Bogen mit dem dritten, dann sehr kurzen, ganz ausserhalb der unter dem Microscop beim Blicke von oben übersichtlichen Scheitelwölbung des Organs fallen. Diese Voraussetzungen treffen vollständig zu bei

Stengelspitzen von Sphagnum, zum grössten Theile bei denen von Equisetum und Lebermoosen, welche in dem Augenblicke der eben erfolgten vorletzten Wandbildung eines der Umläufe von Theilungen der Scheitelzelle beobachtet werden. Man erhält dann ein Bild der oberen Fläche der Endzelle, welches der Scheitelansicht des zweiflächigen Ausschnitts eines Sphäroïds täuschend ähnlich ist. Da ich nun anderwärts, z. B. an den Stammspitzen von Selaginellen, von gewissen Farrnkräutern, bei den Fructificationsorganen der Laubmoose u. s. w., vielfach die Vermehrung einer Scheitelzelle durch Theilung mittelst wechselnd nach zwei einander entgegengesetzten Richtungen geneigte Wände unzweifelhaft ermittelt hatte, so glaubte ich, an Sphagnum (auch an Equisetum und Frullania) gemachte Beobachtungen von (scheinbar) zweiflächig zugeschärften Scheitelzellen der Stammknospe als die entscheidenden und allein maassgebenden auffassen zu müssen. Die mir vorgekommenen dreiseitigen Scheitelzellen (deren ich schon damals abgebildet hatte, Vergleich. Untersuchungen T. XIX, F. 7.) hielt ich für Fälle eines, die Form der Scheitelzelle zwischen je zwei Theilungen verändernden Wachsthums. Neuere Untersuchungen haben mich überzeugt, dass die Darstellung Nägeli's von der Vermehrungsweise der Scheitelzelle des Sphagnumstengels, die Cramer's, von dem entsprechenden Vorgange bei Equisetum (Nägeli u. Cramer, Pflanzenphysiol. Untersuchungen H. 3, Zürich 1855, S. 21), die richtigen sind. Wenn ich, nach Nägeli's Nachweisung der dreiseitig-verkehrt-pyramidalen Form der Stängelscheitelzelle von Sphagnum, der in der Regel linksumläufig schraubenlinigen Stellung der successiv je einer der Seitenwände parallelen Theilungswände derselben, der Bildung eines Blattes aus jeder Zelle zweiten Grades hier nochmals auf die Entwickelungsgeschichte des Sphagnumstängels eingehe, so geschieht dies, um die von Nägeli nicht erörterten weiteren Wachsthums- und Entwickelungsvorgänge im Stengel berichtigt darzustellen; — Vorgänge, in Bezug auf welche bei Veröffentlichung meiner früheren Untersuchungen zwar an sich richtige Beobachtungen mir vorlagen, deren Auffassung aber in Folge des vorher besprochenen Irrthums in mehreren Punkten nothwendig unrichtig sein musste.

Die Scheitelzelle des Stängels von Sphagnum ist nach unten dreiflächig zugeschärft, und mit dieser dreiseitig-pyramidalen Zuspitzung zwischen die ihr angränzenden nächstälteren Zellen des Stengelendes tief eingesenkt, welche durch das Auftreten den

Innenraum der Endzelle durchsetzender Scheidewände von ihr abgetrennt wurden. Jede in der Scheitelzelle neu entstehende Theilungswand ist einer der Seitenflächen parallel (und zwar der ältesten), und schneidet die beiden anderen (nächstjüngeren). Die neu gebildete Zelle zweiten Grades hat die Gestalt eines Körpers mit rautenförmiger Vorder- und Hinterfläche und vier viereckigen Seitenflächen, deren eine schmälere (die freie Aussenwand der Zelle) schwach gewölbt ist. Die Aufeinanderfolge der in der Scheitelzelle entstandenen Wände stellt somit eine Schraubenlinie dar. In der Regel ist diese linksumläufig, übereinstimmend mit der Wendung der Blattstellung.

Jede Zelle zweiten Grades theilt sich sehr bald nach ihrer Abscheidung von der Scheitelzelle (nach vorgängiger wulstartiger Auftreibung des oberen Randes ihrer freien Aussenfläche) durch eine zu der Längsachse des Stängels rechtwinklige Wand, welche die freie Aussenwand und die der Scheitelzelle zugekehrte Seitenwand der Zelle schneidet. Die Zelle zweiten Grades wird dadurch in eine obere Tochterzelle mit dreiseitiger Vorder- und Hinterfläche und eine untere vierseitige zerlegt. Die erstere wölbt alsbald ihre freie Aussenwand stärker nach aussen, und giebt sich so als Anfangszelle eines Blattes zu erkennen. Die zweite theilt sich wechselnd durch zur Achse des Stammes tangentale und nahezu (nicht genau) radiale Längswände bis zur Erreichung der Vollzahl der Zellen des betreffenden Abschnittes des Stengels. Es findet in der Aufeinanderfolge dieser Theilungen eine strenge Regelmässigkeit nicht Statt. Bald macht diese, bald jene Theilung den Anfang; häufig wird ein Schritt der gewöhnlichen Reihenfolge vorläufig übersprungen und später nachgeholt. Eine Erscheinung aber tritt constant und in jedem Falle hervor: nahe unter dem Ende, etwa drei Zellen abwärts von der Scheitelzelle, zählt der Umfang des jungen Stängels acht Zellen. Es tritt also regelmässig eine Ungleichheit in der Vermehrung der Zellen dritten Grades durch radiale Längswände ein; in jeder Zone des Stengels muss eine dieser Zellen um eine radiale Theilung hinter den beiden anderen zurückbleiben. Denn wäre diese Vermehrung in den Zellen dritten Grades gleichmässig lebhaft, so müsste, da auf jeden Querschnitt des Stängels d r e i Zellen dritten Grades kommen, die Zahl der Zellen jedes Gürtels der Stengelaussenfläche ein Multiplum von drei sein. — Auch der völlig ausgebildete Stengel zeigt auf Querschnitten gewöhnlich eine Zahl von Zellen der Peripherie, welche ein Multiplum von acht ist. An schmächtigen Aesten, namentlich an den

herabhängenden, besteht die Rinde sehr regelmässig aus nur acht Längsreihen von Zellen. — In den jüngsten Theilen der Knospe sind die axilen Zellen des Stengels länger gestreckt, als die peripherischen; ein Verhältniss, das an der schlanken Form des Stängelendes einen bedeutenden Antheil hat.

Auf der Abstammung sämmtlicher Zellen des Drittels eines Querabschnitts des Stängels von einer einzigen Zelle dritten Grades beruht die Anordnung der Zellen des Stängelinneren in dreieckige, gegen die Stammachse einwärts geneigte Platten, von denen jede um einen Theil einer Zellenlänge höher steht, als die einerseits ihr angränzende, und von der andererseits ihr anstossenden um denselben Theil einer Zellenlänge überragt wird. Der Unterschied der Höhe je zweier solcher Zellenplatten beträgt fast stets weniger, als die Hälfte einer Zelle; — ein Umstand, aus welchem geschlossen werden muss, dass die Zellen des Stängels sämmtlich in ihren oberen Theilen sich vorwiegend in die Länge strecken. Die erwähnte Anordnung tritt auf jedem gelungenen, genau axilen Längsdurchschnitte einer Sphagnumknospe innerhalb eines ziemlich langen Abschnittes aufs Deutlichste hervor; sie ist verdeckt oder vollständig verwischt, wenn der Schnitt auch nur um Weniges die Längsachse der Knospe verfehlte.

In sämmtlichen Zellen der Aussenfläche des Stängels, die Einfügungszellen der Blätter ausgenommen, erfolgt ziemlich früh schon Quertheilung, lange Zeit vor dem Aufhören der Zellvermehrung des Stängels in radialer Richtung. Diese Zelltheilung durch Querwände setzt sich nicht in die Zellen des Stamm-Inneren fort, die dafür während derselben auf etwa das Doppelte ihrer bisherigen Länge sich strecken. Dadurch wird die kurzzellige Rinde vom langzelligen axilen Gewebe des Stengels differenzirt. — Die Vermehrung der Stammzellen in Richtung der Dicke erfolgt durch Theilung der gestreckten Zellen des Stamm-Inneren mittelst zur Stammachse tangentaler Wände; Theilungen, welche ab und zu mit solchen durch radiale Längswände wechseln. Die Zahl dieser Zellen auf dem Querhalbmesser des Stängels wächst von der Anheftungsstelle des jüngsten bereits mehrzelligen Blattes bis zu der, wo das Dickenwachsthum des Stängels aufhört, bis auf das Zehnfache. Dabei ist es aber nicht eine bestimmte Gruppe von Zellen, etwa von Form eines Kegel- oder Cylindermantels, wie bei vielen Gefässpflanzen, innerhalb deren diese Zellvermehrung ausschliesslich stattfindet. Es sind zwar vorzugsweise die unter der äussersten

Zellschicht der konischen Zellgewebsmasse gelegenen Zellen, welche sich theilen; aber die der inneren Schichten bleiben an dieser Vermehrung keineswegs unbetheiligt. Während dieser Vorgänge theilen sich die Zellen der Aussenfläche durch radiale, die kräftigeren Sprossen auch durch tangentale Längswände, so dass jene peripherische Zellenlage (die Rinde) zu einer doppelten Schicht von Zellen sich umwandelt. Am schmächtigen Sprossen unterbleibt die letztere Form der Zellbildung; die Zellen des Stängelumfangs vermehren zwar ihre Zahl durch Bildung radialer Längsscheidewände, indem sie mit der Zunahme des Umfangs der axilen Zellmasse Schritt halten; die Rinde bleibt aber, vorläufig wenigstens, eine einfache Zellschicht. Die basilaren Zellen der Blätter, welche bis zu einer gewissen Tiefe in das axile Gewebe des Stängels eingesenkt und an ihrer eigenthümlich tafelartig abgeplatteten Form leicht kenntlich sind, bieten in ihren nach Innen gewendeten Enden die festen Punkte dar, von denen aus bestimmt werden kann, ob eine Vermehrung der Zellen der Stängelrinde stattgefunden hat oder nicht.

Während so das Dickenwachsthum des Stängels sich vollendet, steht sein Längenwachsthum völlig still. Mit um so grösserer Lebhaftigkeit beginnt es an der Stelle, wo die konische Form des Stängelendes in die cylindrische des älteren Theiles übergeht. Alle Zellen strecken sich um mindestens das Zwölffache ihrer bisherigen Länge; und während dieser Streckung tritt noch eine letzte Zellvermehrung in ihnen auf. Die Zellen des Inneren des axilen Stranges werden öfters, doch ohne Regelmässigkeit, durch Querwände getheilt; die der Peripherie dieses Stranges theilen sich noch öfter durch radiale und tangentale Längswände. Sie werden sehr eng und verhältnissmässig lang gestreckt. Die der Rinde endlich theilen sich an allen einigermaassen kräftigen Sprossen noch einmal durch tangentale Längswände, und in allen Fällen sehr oft durch Querwände. Die Rinde wird dadurch zu einer Schicht aus zwei bis vier Zellenlagen. An sehr schmächtigen Sprossen unterbleibt diese Verdoppelung der Zellschichten der Rinde; es treten nun Quertheilungen der Zellen derselben ein, so dass auch die ausgewachsene Rinde aus nur einer Zellschicht besteht.

Nur in den vollkommen ausgebildeten Sprossen, deren Längsentwickelung von Ende des Herbstes bis zum nächsten Frühjahre stille steht, und an denen die dichtgedrängten Seitensprossen rings um das Stängelende eine kopfförmige Anhäufung bilden, tritt die

von mir beschriebene und abgebildete vorübergehende Verdickung der Wände der Zellen des axilen Stranges ein, durch welche ihre Wände mit zierlichen Tüpfeln besetzt erscheinen.*) In das axile Gewebe der dünnen Seitenzweige setzt sich diese eigenthümliche Verdickung der Zellhäute nur eine Strecke weit fort; in den der rasch in Länge und Dicke wachsenden, aus den Enden älterer dünner Seitenzweige sich entwickelnden, in ihrer Vegetation die Hauptsprossen endlich vollständig nachahmenden Innovationen**) ist während des Heranwachsens keine Spur davon zu bemerken. Dagegen erfolgt regelmässig in diesen Sprossen sowohl, wie in den Hauptsprossen und Seitenzweigen, nach Vollendung der letzten Längsstreckung eine andere Form der Verdickung der Membranen der gestreckten Zellen des axilen Gewebes. Die Zellhäute erscheinen nach Beendigung derselben als dicke, nicht deutlich geschichtete Membranen von gelbbrauner oder grünbrauner, bisweilen sehr intensiver Färbung. Diese Verdickung ist am stärksten in den engsten peripherischen Zellen des axilen Cylinders, und nimmt nach den weiteren Zellen der Mitte desselben hin rasch ab.

Die Anfangszelle jedes Blattes umfasst, wenn sie sich durch die Wölbung ihrer freien Fläche nach aussen als Mutterzelle des Blattes zu erkennen giebt, etwas mehr als ein Drittel des Stängelumfangs. Sie gränzt zu dieser Zeit noch unmittelbar an die Scheitelzelle der Stammspitze. Bei Ansicht von oben erkennt man deutlich, dass die Sehne ihres freien Aussenrandes der Sehne des Bogens parallel ist, als welcher die der Anfangszelle des Blattes zugekehrte Kante der Scheitelfläche der terminalen Zelle der Stammspitze erscheint. Wäre nun bei der Aufeinanderfolge der Theilungen der Terminalzelle je die dritte Wand der drittletztgebildeten parallel, so müssten die Blätter, da jede Zelle zweiten Grades ein Blatt produzirt, am Stängel in drei unter sich parallelen Längsreihen stehen. Jede genauere Untersuchung einer Endknospe zeigt aber, dass selbst an den jüngsten Theilen der Endknospe dem nicht so ist. Die jüngsten Blattanlagen haben auch schon hier die für die späteren Zustände characteristische Stellung in einer, in der Regel linksumlaufenden Schraubenlinie mit der Divergenz $\frac{2}{5}$ oder $\frac{3}{8}$ oder $\frac{5}{13}$***). Dieses Verhältniss kann auf nur

*) Vergl. Unters. S. 62, Taf. XIII. F. 8; vergleiche auch P. W. Schimper, Mém. sur les sphaignes (Mém. prés. p. div. sav. XV, 1857) Taf. IV. F. 4.

**) Schimper, a. a. O. Taf. XVI. F. 1.

***) Die Blattstellung am Mitteltriebe von Sphagnum wird von Alex. Braun

zwei Wegen zu Stande kommen. Es könnte gleichzeitig mit oder gleich nach Bildung eines jeden Blattes eine bestimmte Torsion des Stängelstücks unterhalb desselben stattfinden. Aber diese Annahme wird durch die Beobachtung sofort widerlegt. Man erkennt leicht, dass auch die zwei jüngsten Blätter der Knospe stets die Divergenz der älteren haben. Es bleibt also der einzig mögliche Hergang der, dass die Scheitelzelle des Stängels zwischen je zwei Theilungen ihre Form in der Weise ändert, dass jede durch das Auftreten einer ihrer Seitenflächen parallelen Wand von ihr abzuscheidenden Zelle zweiten Grades von der nächstvorhergebildeten solchen Zelle in demselben Maasse entfernt ist, wie jedes Blatt von dem nächst jüngeren und tieferen. Die Beobachtung zeigt, dass unmittelbar nach, also auch unmittelbar vor jeder Theilung, die Scheitelfläche der Terminalzelle die Form eines gleichschenklichen Dreiecks hat. Die Formänderung der Zelle nach der Theilung muss somit darin bestehen, dass ihre auf die Theilung folgende Zunahme der Grösse vorzugsweise in der Richtung senkrecht auf die bei der Theilung neu gebildete Seitenwand vor sich geht: die jüngste Kante der Scheitelfläche der Endzelle, welche sofort nach der Theilung einen der Schenkel des gleichschenklichen Dreiecks darstellte, wird bis zur nächsten Theilung zur relativ kürzesten Seite, zur Basis des durch stärkere Verlängerung der beiden anderen Seiten wiederum gleichschenklig gewordenen, in seiner Lage aber um den Divergenzwinkel der Blattstellung von den vorherigen abweichenden Dreiecks. Somit führen die, aus der Stellung der jüngsten Blätter und aus deren Verhältniss zur Stammscheitelzelle bei Sphagnum mit Nothwendigkeit sich ergebenden Folgerungen zu den nämlichen Schlüssen, welche ich früher aus der directen Messung der Seiten und Winkel dreiseitig-py-

(Nova Acta A. C. L. XV, I. S. 279) und von P. W. Schimper (a. a. O. S. 28) übereinstimmend als die $\frac{2}{5}$ Divergenz angegeben. Ich habe früher die $\frac{3}{8}$ Stellung angegeben (Vergleichende Unters S. 61), und finde dies auch nach neuerer Untersuchung von Mitteltrieben, kräftigen Innovationen und Keimpflanzen nicht widerlegt. Kein Zweifel, dass auch die $\frac{2}{5}$ Stellung oft vorkommt, an jungen Pflanzen als Regel, die $\frac{3}{8}$ Stellung als Ausnahme; wie ich denn selbst u. A. innerhalb der Endknospe eines Mitteltriebs rechtsumläufige $\frac{2}{5}$ Stellung in linksumläufige $\frac{3}{8}$ Stellung überspringend fand. Aber ich finde am Gipfel alter, kräftiger Pflanzen die $\frac{2}{5}$ Stellung bei Weitem minder häufig, als die nach $\frac{3}{8}$. — Auch Nägeli fand höhere Glieder der Reihe $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ . . . häufiger, als das erste derselben (Pflanzenphysiolog. Untersuchungen I, Zürich 1855, S. 77).

ramidaler Scheitelzellen von Farrnkrautstämmen ableitete*). Das Object ist bei Sphagnum zur Controle durch die directe Messung durchaus ungeeignet; die steile Wölbung der Scheitelfläche macht die genaue Bestimmung der Länge ihrer Kanten unthunlich. Doch verdient es, hervorgehoben zu werden, dass bei Scheitelzellen von Sphagnum-Stängeln mit $\frac{2}{5}$ Stellung der Blätter der Scheitelwinkel des Dreiecks sichtlich um Vieles spitziger ist, als an solchen mit $\frac{3}{8}$ oder $\frac{5}{13}$ Stellung. Wie bei den Farrnkräutern, so liegt auch bei Sphagnum die Wahrscheinlichkeit nahe, dass die Veränderung der Form, welche die Terminalzelle zwischen zwei Theilungen erfährt, nicht auf einer ihr allein innewohnenden formbestimmenden Thätigkeit beruht, sondern dass diese Gestaltänderung hervorgerufen wird vermittelst einer im bestimmten Maasse erfolgende Dehnung der der Scheitelzelle angränzenden Zellen zweiten Grades.

Junge Zustände seitlicher Sprossen von Sphagnum, welche unschwer zur Anschauung zu bringen sind, zeigen sich in der Gestalt halbkugelig gewölbter Zellen, welche neben dem linken**) Rande des dritten oder des vierten Blattes, und über der Mittellinie im ersten Falle des sechsten, im zweiten des siebenten Blattes der Aussenfläche der Endknospe ansitzen; in grader Linie drei bis vier Zellen von der Scheitelzelle entfernt***). An Längsdurchschnitten von Hauptsprossen, welche genau durch die Längsachse des Mitteltriebes und durch die eines jungen Seitenastes gehen, erkennt man deutlich, dass die Ansatzstellen des jungen Seitenastes mit den zwischen ihr und dem nächstunteren Blatte

*) Abhandl. Königl. Sächs. Gesellschaft d. Wiss. V. (1857), 642.

**) Das Blatt von aussen und unten gesehen gedacht.

***) Ich hatte früher (vergl. Untersuchungen S. 62), nur auf das Verhältniss der Anlage zum Seitenaste zu dem Blatte unter ihr Bezug nehmend, einen Ausdruck gebraucht, der so verstanden werden konnte, als ob ich die Seitenäste als blattachselständig betrachtete. Dem entgegen hält P. W. Schimper mit Recht (a. a. O. S. 30), dass gleich der Stellung der entwickelten Seitenäste auch die ihrer Anlagen stets seitlich neben dem Rande eines mit ihnen auf gleicher Höhe stehenden Blattes sei. Dass aber Schimper gewisse, zwischen je zwei ziemlich weit entwickelte Blätter eingeschaltete eiförmige Zellen, welche (zum Theil auf Stielzellen) der Aussenfläche der Stängels ansitzen, als Anfangszellen seitlicher Aeste bezeichnet (a. a. O. S. 30 durch das Citat der Fig. 1. der Tf. IV), halte ich für einen Irrthum. Diese Zellen sind nichts anderes, als junge Zustände der zweizelligen Haare mit eiförmiger Endzelle, wie sie am Stängel von Sphagnum nicht selten vorkommen, und auch von Schimper (Taf. 5. F. 2.) abgebildet sind.

gelegenen Rindenzellen ein genau ebenso grosses Stück der Stengelaussenfläche einnimmt, wie die Einfügungszelle eines Blattes nebst den mit ihr aus derselben Zelle zweiten Grades abstammenden Zellen des Stammgewebes. Ebenso wie auf jede Querreihe von Einführungszellen eines Blattes in den Stamm, kommt auch auf jede Ansatzstelle eines Seitenastes eine der schräg einwärts geneigten dreiseitigen Platten, in welche die Zellen des Stängel-Inneren geordnet sind. Diese Thatsache berechtigt zu dem Schlusse, dass bei der Anlegung eines Seitenastes ein Theil des unter gewöhnlichen Umständen zur Ursprungszelle eines Blattes werdenden Raumes der Scheitelzelle zur Bildung der Anfangszelle des Astes verwendet wird. Es wäre möglich, dass die Anlegung des Astes früher erfolge, als die des mit ihm auf gleicher Höhe, aber in der aufsteigenden Richtung der Grund-Schraubenlinie der Blattstellung stehenden Blattes. Unter dieser Voraussetzung wäre der Vorgang kaum anders denkbar, denn als die Abscheidung einer Zelle zweiten Grades ungewöhnlicher Form mit dreiseitiger Scheitelfläche (der Anfangszelle des Seitenastes), von der vierseitig werdenden Terminalzelle; welcher Theilung dann die der Scheitelzelle durch eine Scheidewand folgen müsste, die einer der kürzeren Seiten der Scheitelfläche parallel und der Kante eingefügt wäre, welche die älteste Seitenwand der Scheitelzelle mit der der Stammachse zugewendeten Seitenfläche der Anfangszelle des Blattes bildet (Bildung der Anfangszelle des mit dem Seitenaste auf gleicher Höhe stehenden Blattes): eine Theilung, welche der Scheitelzelle die dreiseitig pyramidale Form zurückgeben würde.

Die directe Beobachtung hat diese, von vorn herein ziemlich wahrscheinliche Voraussetzung nicht bestätigt. Es gelang mir zu wiederholten Malen, Stammenden zu beobachten, von denen die jüngste Zelle zweiten Grades durch eine, die der Scheitelzelle zugekehrte Seitenwand etwa im ersten Drittheil und die Innenkante der Zelle, welche von der ältesten ihrer Seitenwände und ihrer Unterwand gebildet wird, schneidende Längswand in eine Zelle mit dreiseitiger und eine mit vierseitiger Aussenfläche getheilt war. Die dreiseitig-pyramidale Tochterzelle kehrte eine ihrer Seitenflächen, nicht eine ihrer Kanten, der Scheitelzelle des Stängels zu (Taf. VIII. F. 13). Es ist klar, dass sie von der Zelle zweiten Grades, die unter gewöhnlichen Umständen in ihrer Gesammtheit zur Anfangszelle eines Blattes geworden sein würde, abgeschieden ist, dass jene nicht vor dieser entstanden sein kann. — Dass die dreiseitig-

pyramidale Zelle Anfangszelle eines Seitenastes ist, unterliegt keinem Zweifel. Ihr Stellungsverhältniss zu ihrer vierseitigen Schwesterzelle entspricht dem des Astes zu dem mit ihm auf gleicher Höhe stehenden Blatte. Bei der gewöhnlichen Entwickelung eines Blattes kommt keine Zelltheilung vor, die mit der eben erörterten Aehnlichkeit hätte. Die Anfangszelle eines Seitenastes ist also bei Sphagnum die Tochterzelle der Anfangszelle eines Blattes, nicht eine unmittelbare Tochterzelle der Scheitelzelle des Stammes.

Es scheint in diesem Satze ein Beweis gegen die von Pringsheim ausgesprochene Ansicht zu liegen, dass alle normale Verzweigung auf der Gabelung der Stammspitze oberhalb des jüngsten Blattes beruhe; — eine Ansicht, welche ich vollständig theile. Um ausführen zu können, weshalb ich diese Ansicht, auch der eben erwähnten Beobachtung ungeachtet, noch jetzt für vollberechtigt halte, muss ich einer Reihe von Erfahrungen erwähnen, welche für die Lehre von der Zellenfolge beim Aufbau pflanzlicher Organe einen neuen Gesichtspunkt öffnet, und deren Berücksichtigung die Behandlung dieses bisher unleugbar etwas trocken erscheinenden Gegenstandes erquicklicher machen dürfte. — Es ist für mich ein Erfahrungssatz von allgemein durchgreifender Gültigkeit geworden, dass der Theilung jeder Zelle eines im Knospenzustand befindlichen Organes ein Wachsthum dieser Zelle vorausgeht. Keine Zelle theilt sich, ohne vorher an Grösse — wenn auch nur mässig — zugenommen zu haben. Das Wachsthum keiner Zelle nach einer bestimmten Richtung hin überschreitet eine gewisse, meist sehr eng bemessene Gränze, ohne dass eine Scheidewandbildung in der Zelle erfolgte. Die Stellung der neu entstehenden Scheidewand ist durch das vorausgegangene Wachsthum der Zelle genau bestimmt: die theilende Wand steht ausnahmslos senkrecht zur Richtung des stärksten vorausgegangenen Wachsthums der Zelle. Wohlgemerkt, nicht senkrecht zum grössten Durchmesser der Zelle, der mit der Richtung des stärksten Wachsthums nicht zusammenzufallen braucht, und in sehr vielen Fällen in der That auch nicht mit ihr zusammen fällt. — Das Wachthum der einzelnen Zellen eines im jüngsten Knospenzustande befindlichen Organs ist aber dem Gesammtwachsthum des Organs untergeordnet. Die nach Erreichung oder Erweiterung bestimmter Formen hinstrebende Massenzunahme des Organs kann nicht aufgefasst werden als die Summe der den einzelnen Zellen innewohnenden individuellen Bildungstriebe, sondern es muss angenommen werden, dass Grössen-

zunahme und Formänderungen der einzelnen Zellen nur in dem Maasse erfolgen, welches die allgemeine Wachsthumsrichtung des Organs den einzelnen Zellen giebt*). — Die Anordnung der Zellen eines im Knospenzustande befindlichen Organs erscheint bei dieser Anschauung als ein secundäres Phänomen, als bedingt durch die Orte intensivsten Wachsthums. Ein Stengelende wird dann deutlich eine einzige Scheitelzelle erkennen lassen, wenn die Massenzunahme des Scheitelpunktes rascher ist, als die seiner nächsten Umgebung. Eine Zunahme der Masse, in der Ebene parallel einem Kreisbogen, im Raume parallel der Fläche eines Sphäroïds, wird eine fächerartig-strahlige Anordnung der Zellen zur Folge haben u. s. f. Wenden wir das Gesagte auf das Verhältniss der Anfangszelle eines Seitenzweiges von Sphagnum zur Anfangszelle des mit ihm gleich hoch stehenden Blattes an, so ergiebt sich zunächst, dass es als eine Zufälligkeit angesehen werden kann, dass jede Zelle zweiten Grades einem Blatte Ursprung giebt. Die Blattbildung könnte auch unterbleiben, wie sie in Fällen ganz ähnlicher Stängelentwickelung in der That unterbleibt (bei Jungermannia bicuspidata z. B. normal durch der Nichtentwickelung von Unterblättern, ausnahmsweise durch das Unterbleiben aller Blattentwickelung an den unterirdischen Sprossen). Nicht durch die Abtrennung der Zelle zweiten Grades des Stammes von der Scheitelzelle wird das Blatt angelegt, sondern schon durch die Wölbung eines Theils der freien Aussenwand dieser Zelle nach aussen; durch ein örtliches Wachsthum der Zelle, welchem deren Theilung durch eine zur Richtung des Wachsthums senkrechte Wand auf dem Fusse folgt. Jener Ausbauchung eines Theils der freien Aussenwand der Zelle geht aber die Entstehung der Scheidewand voraus, welche die Anfangszelle des Seitenastes von ihr abtrennt. Man darf folgerecht annehmen, dass diese Scheidewandbildung einem örtlichen Wachsthum der Zelle an der zur Zweigentwickelung bestimmten Stelle nachfolgt. Die Anlegung des Zweiges folgt also auch hier nicht der des gleich hohen Blattes, sondern sie geht ihr um einen Schritt voraus. Nur gegen das Wachsthum der als Haupttrieb sich darstellenden anderen Gabelung des Stängelendes

*) Thatsachen, welche zu dieser Schlussfolgerung nöthigen, habe ich in früheren Veröffentlichungen mehrfach beigebracht: u. A. Abhandl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. (Isoetes); ebendas. V. (1857) 642 (Endknospe des Stammes von Farrnkräutern).

steht der zum Ast werdende Gabelzweig von Anfang an aufs Entschiedenste zurück; schon bei dem Auftreten seiner Anfangszelle erscheint er völlig zur Seite gedrängt.

Die meisten Seitenäste verästeln sich bald nach ihrer Bildung weiter. Von dem anatomischen Baue der Ursprungsstellen ausgebildeter Zweige rückwärts schliessend, fasst P. W. Schimper*) dieses Verhältniss so auf, dass der Ast noch vor der Anlegung von Blättern eine Anzahl von Seitenzweigen entwickele, und erklärt die von mir als Blätter gedeuteten schuppenförmigen Anhängsel junger Astknospen für Anlagen von Seitenzweigen. — Fortgesetzte Untersuchungen haben mir keine einzige Erscheinung dargeboten, welche für die Richtigkeit dieser Ansicht Schimper's spräche. Ich fand ausnahmslos, dass die Seitenzweige schon sehr früh und dicht an ihrer Einfügung an den Stengel unzweifelhafte Blätter entwickeln, und sah nie einem Aste unterhalb der Ursprungsstelle des ersten Blattes einen Zweig zweiter Ordnung eingefügt. Die Erscheinung, dass die Theilungsstellen der axilen Zellenstränge verästelter Zweige öfters in die Rinde des völlig entwickelten Hauptsprosses eingeschlossen sind**), ist eine secundäre, beruhend auf dem relativ spät eintretenden Dickenwachsthum der Rinde, welche den Grund der Zweige eng anschliessend umwächst, und die unteren Blätter von ihnen abstreift.

Mit der im Vorstehenden geschilderten Entwickelung des Sphagnumstängels stimmt die aller darauf untersuchten Laubmoosstängel in den wesentlichen Stücken überein. Die Uebereinstimmung ist vollständig bei den Moosen mit schlank-kegelförmigem Ende der Achse: Bei allen Hypneen z. B. Climacium dendroïdes, Taf. VIII F. 1., bei Hypnum cupressiforme, alopecurum; bei Barbula, Orthotrichum affine. Die Laubmoose mit sehr stumpfer Endknospe, deren Scheitelgegend zur fast vollkommenen Ebene abgeflacht ist, unterscheiden sich in der Stängelentwickelung von Sphagnum nur dadurch, dass sehr früh, in einer Entfernung von nur zwei Zellschichten von der Scheitelzelle, die von Quertheilungen begleitete bedeutende und letzte Streckung der axilen Zellen des Stengels beginnt; ferner dadurch, dass innerhalb der Knospenregion das Dickenwachsthum des Stengels dessen Längenwachsthum weit überwiegt. Es spricht sich dieses Vorwiegen des Dickenwachsthums

*) a. a. O. p. 30.

**) P. W. Schimper, a. a. O. Taf. IV. F. 4.

in einer stärkeren Vermehrung der Rindenzellen in radialer Richtung aus; die Rinde besteht bei den hierher gehörigen Formen (Catharinea [Taf. VIII. F. 2, 3], Polytrichum, Funaria, Phascum) aus zahlreicheren Zellschichten, als bei Sphagnum und den Hypneen. Auch Laubmoose mit scheinbar zweireihigen Blättern weichen in der Entwickelung ihres Stängels nicht wesentlich von denen mit schraubenliniger Blattstellung ab. Die noch blattlosen, im Boden verborgenen (aus kurzen Zweigen von Vorkeimfäden sich entwickelnden) Anlagen von Sprossen von Schistostega osmundacea und Fissidens taxifolius zeigen gleichseitig-dreieckige Form der Scheitelfläche der Gipfelzelle und eine Anordnung der Zellen zweiten Grades, welche mit der von Sphagnum übereinstimmt. Die nämlichen Verhältnisse erhalten sich bei Schistostega bis zum Ende der kurzen Entwickelungszeit auch der sterilen Sprossen. Man überzeugt sich leicht bei der Beobachtung solcher, deren oberes Ende noch im Knospenzustande sich befindet, dass die jüngsten Blattanlagen eine $\frac{1}{3}$ Stellung haben; dass die zweizeilige Anordnung der entwickelten Blätter eine nur scheinbare, auf einer (durch Lichteinfluss bedingten) Richtungsänderung beruhende ist.

Unter den beblätterten Jungermannien scheinen Gipfelzellen des Stängels von dreiseitig-pyramidaler Form allen den Arten mit dreizeiligen Blättern zuzukommen, also der weit überwiegenden Mehrzahl. Ich beobachtete sie bei Frullania dilatata, Madotheca platyphylla, Calypogeia, Trichomanes, Alicularia scalaris (Taf. VIII, F. 4, 5, 9)*). Bei allen diesen entwickelt jede Zelle zweiten Grades ein Blatt. Aber auch Jungermannien mit zweizeiliger Anordnung der Blätter haben dreiseitig-pyramidale Scheitelzellen der Stängel. So zunächst Plagiochila asplenioides. Hier ist eine der Kanten der Scheitelzelle des Stengels merklich kürzer, als die beiden anderen, und zwar ist dies die der unteren bewurzelten Seite des aufsteigenden Stengels zugewendete. Diejenigen Zellen zweiten Grades, welche durch dieser Wand der Scheitelzelle parallele Theilungswände von ihr abgeschieden werden, entwickeln kein Blatt, dafür aber regelmässig eine Querreihe über das Knospenende hinweg gekrümmter, wenig-zelliger Haare mit langer, schwach-keuliger Endzelle, die zeitig abfallen. Man darf annehmen,

*) Die entgegenstehenden Angaben in meinen „Vergleichenden Untersuchungen" beruhen auf der oben (S. 263) besprochenen ungenügenden Untersuchungsmethode.



dass hier eine Längsreihe von Blättern regelmässig fehlschlägt (Taf. VIII. F. 6—8.). Aehnlich verhalten sich kräftige Sprossen der Jungermannia bicuspidata, beblätterte sowohl als blattlose, nur dass hier aus den minder breiten Zellen zweiten Grades, die auch hier eine nach unten gewendete Längsreihe darstellen, die Entwickelung von Haaren vereinzelt, minder beständig stattfindet (Taf. VIII. F. 10., 11.). Auch Radula complanata zeigt dreiseitige Form der Scheitelzelle des Stängels (Taf. VIII. F. 12); ebenso Jungermannia crenulata. In beiden Fällen ist die eine, keiner der beiden Blattreihen zugewendete Fläche der Scheitelzelle besonders schmal. In der Art der Zellvermehrung in radialer Richtung, insbesondere in der geringen Entwickelung der Rinde und der nach deren Sonderung im axilen Strange langgestreckter Zellen noch lange andauernden Vermehrung der Zellen in Richtung der Radien, stimmen die Stängel der Jungermannien genau mit denen von Sphagnum und den Hypneen überein; nicht minder in der Art, wie die Anfangszelle eines Blattes von der ihr Ursprung gebenden Zelle zweiten Grades des Stängelendes abgeschieden wird (Taf. VIII. F. 6.).

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Längsdurchschnitt einer ruhenden Seitenknospe des Climacium dendroïdes, Vergr. 200.

Fig. 2. Theil des sehr zarten (nicht viel über eine Zellschicht dicken), durch zwei der Achse parallelen Schnitte dargestellten Längsdurchschnitts einer Blattknospe der Catharinea undulata, 120fach vergr.; *b.* Blattanlagen, *h.* Haare.

Fig. 3. Endknospe derselben Pflanze, blossgelegt durch einen dicht über dem Scheitelpunkt des Stengels geführten, zur Längsachse senkrechten Schnitt, und vom Stengel abgetrennt durch einen diesem Schnitte parallelen, wenig tiefer geführten Durchschnitt. Bedeutung der Buchstaben wie in voriger Figur, Vergr. 400.

Fig. 4. Stängelende mit vier Blattanlagen der Calypogeia Trichomanes, abgetrennt und von oben gesehen; *o.* Oberblatt, *u.* Unterblatt. Vergr. 400.

Fig. 5. Aehnliches Präparat von Frullania dilatata. Gleiche Vergr.

Fig. 6. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Flächen der beiden Längsreihen von Blättern des Stängels der Plagiochila asplenioïdes. Vergr. 300.

Fig. 7. Oberes Ende des zu dem vorigen rechtwinklig geführten Längsdurchschnitts derselben Pflanze. In die Scheitelzelle ist der Verlauf der letztgebildeten Theilungswände in perspectiver Ansicht eingetragen. Gleiche Vergr.

Fig. 8. Endknospe derselben Pflanze, mit den beiden jüngsten Blättern abgetrennt und bei 400facher Vergrösserung von oben gesehen. *b.* Blätter, *h.* Haare.

Fig. 9. Endknospe von Madotheca platyphylla, mit den beiden (bereits tief zweilappigen) jüngsten Oberblättern abgetrennt, und bei 300facher Vergrösserung von oben gesehen. u. Anfangszelle eines Unterblattes.

Fig. 10. Spitze eines beblätterten kräftigen Triebes der Jungermannia bicuspidata, abgeschnitten und bei 300facher Vergrösserung von oben gesehen. b. Blattanlagen, h. ein Haar.

Fig. 11. Spitze eines blattlosen Zweiges derselben Pflanze, an welchem zwei Haarwurzeln; bei gleicher Vergrösserung von oben gesehen.

Fig. 12. Stängelspitze mit den zwei jüngsten Blattanlagen von Radula complanata, abgeschnitten und von oben gesehen. Vergr. 500.

Fig. 13. Stängelspitze von Spagnum cymafolium, an welcher die zweitjüngste Zelle zweiten Grades in die Anfangszelle eines Astes und in die eines Blattes sich getheilt hat, schräg von oben gesehen. Verg. 500.

Zur Geschichte der Entwickelung unserer Kenntniss von der Entstehung der Moosfrucht.

Bereits im Jahre 1833 hatte Valentine die einfache Anfangszelle der Laubmoosfrucht im Innern des Bauchtheils des Archegoniums entdeckt (Transact. Linn. Soc. v. XVII., 1837, p. 465; der Gesellschaft vorgelesen im Mai 1833). Er präparirte jene Zelle völlig frei (l. c. p. 466); erkannte sie auch in Archegonien, deren Scheitel noch geschlossen war; vermisste sie indess bei Bryum roseum, welches in England häufig gesunde Archegonien, aber selten Früchte trägt. Die Entwickelung der Anfangszelle der Frucht schildert er wie folgt: „Bald nach dem Offenwerden des oberen Endes des Stylus wird eine andere Zelle auf der oberen Aussenfläche (at the upper surface) der Zelle gebildet. Beide heften fest aneinander, und können zusammen herauspräparirt werden. Gleich darauf wird eine dritte Zelle gebildet, entweder auf der oberen Aussenfläche der zweiten oder an ihrer Seite; dann erscheint eine vierte, und so fort. Der Grund des Stylus (soll heissen Germen) wächst nicht durch Ausdehnung, sondern durch Hinzukommen neuer Substanz ... Die spindelförmige Masse im Inneren drückt ihr kegelförmiges Ende tiefer und tiefer in dieses Gewebe, bis es endlich den Zweig selbst erreicht.“ Valentine erkannte ferner, dass die Seta, nach Abtrennung der Kalyptra von der Vaginula, nur an der Spitze noch fortwachse, und schildert richtig die Trennung der äusseren Kapselwand von der inneren durch Bildung eines ringförmigen Intercellularraumes.

Diese Beobachtungen Valentine's sind auf dem Continente merkwürdiger Weise gänzlich unbekannt geblieben bis auf den heutigen Tag. Sie finden sich nicht erwähnt bei Decandolle (Organographie vég. 2. éd. 1844, II., p. 146), Treviranus (Pflanzenphysiol. II., 1838, 467), Meyen (System d. Pflanzenphysiol. III., 1839, 385), Schleiden (Grundzüge, 2. Aufl., 1846, II., 68), P. W. Schimper (Récherches sur les mousses, Strassburg 1848, 67). Auch ich kannte sie nicht, als ich (Botan. Zeit. 1849, 798; Vergleich. Untersuchungen, 1851, 69) meine hier einschlagenden Untersuchungen veröffentlichte. Valentine's Arbeit findet sich auch später nicht erwähnt: Mohl in Wagner's Handbuch der Physiologie IV. (1853) 279; P. W. Schimper, Mém. sur les sphaignes (1857), p. 10; Gottsche, Botan. Zeit. 1858, Anhang 42.

Valentine war übrigens weit entfernt, die Bedeutung seiner Beobachtung zu würdigen. Er bestreitet ausdrücklich Hedwig's Ansichten von der Sexualität der Moose: „Wenn bei den Moosen Geschlechtsorgane gefunden werden sollen, so muss in der Theca darnach gesucht werden (l. c. p. 777). Die Sporen der Moose und aller Zellenpflanzen sind dem Pollen der Gefässpflanze analog." Die Darstellung der Entstehung der Keimbläschen in der Central-tralzelle des Archegonium, die der Abhängigkeit der Entwickelung des Keimbläschen vom Eintreten seiner Befruchtung, der Nachweis der Uebereinstimmung des Bildungsganges der beblätterten Moospflanze mit dem des Prothallium der Gefässkryptogamen und des Eiweisskörpers der Coniferen, und des Entwickelungsganges der Moosfrucht mit dem des Embryo der Gefässkryptogamen, der Coniferen und der Phanerogamen — diese Darlegungen sind mein unantastbares, alleiniges Eigenthum.

Ueber die Verzweigung der Farrnkräuter.

Gegen die von Brongniart (Hist. veg. foss. II., 30) ausgesprochene, von mir für eine Anzahl einheimischer Farrn weiter entwickelte (Abh. d. K. Sächs. G. d. Wiss. V. 603) Ansicht, dass der Stamm der Farrn durch Gabelung seines Endes sich verzweige, hat neuerdings Mettenius (im Anschlusse an eine Bemerkung Karsten's [Vegetationsorg. d. Palmen. Berlin 1857, 125]) darzuthun gesucht (Abh. d. K. Sächs. G. d. Wiss. VII., 611), dass ein wesentlicher Unterschied der Verzweigungsweise

der Farrnkräuter und der Gefässkryptogamen überhaupt von derjenigen der Phanerogamen nicht bestehe, insofern die Verzweigung der Farrnkräuter ihre Entstehung der Entwickelung von Seitenknospen verdanke, welche constant und normal in einer bestimmten Beziehung zu den Basen der Blätter stehen. Mettenius geht von einer Reihe von Arten von Trichomanes aus, deren Seitenknospen er als unzweifelhaft blattachselständige bezeichnet. Er findet sodann bei Hymenophyllum Uebergänge zwischen axillären Knospen, und solchen, die auf der vorderen Seite des Blattstiels entspringen. Diesen reiht er die Davallien an, welche Uebergänge von blattachselständigen Knospen zu solchen bieten, die vorn und unten von den Blattachseln entstehen. Hinten und unten von den Insertionen der Blätter findet Mettenius die Knospen von Platycerium alcicorne und vielen Anderen, — soweit von der Insertion des betreffenden Blattes entfernt, dass sie dem nächst älteren gegenüber stehen, unter anderem bei Polypodium vulgare. Als solchen Seitenknospen (in meinem Sinne Gabelzweigen) gleichwerthig fasst Mettenius die an dem Blattstiele selbst sich bildenden Knospen von Pteris aquilina und Aspidium filix mas auf, welche ich als Adventivknospen von den ächten Verzweigungen des Stammes unterscheide, und er wendet die Betrachtung Karsten's, dass bei Dicksonia durch frühzeitige, der Entfaltung des zugehörigen Wedels vorauseilende Entwickelung einer derartigen Knospe das ursprünglich dem Stamme angehörige Blatt von diesem entfernt, und an die, nur scheinbare, dichotome Abzweigung der Hauptachse gerückt werde, auch auf die Verzweigung des Stammes von Pteris aquilina an.

Wenn diese Auffassung es beansprucht, die wesentliche Uebereinstimmung der Verzweigung der Gefässkryptogamen mit der blattwinkelständigen Stellung der Seitenzweige der Phanerogamen nachzuweisen, so ist dem entgegen zu halten, dass diese Uebereinstimmung in ganz anderer Sicherheit besteht, wenn man — wie ich es thue — die von Pringsheim begründete (Botan. Zeit. 1853, 609) und von Irmisch adoptirte (Botan. Zeit. 1855, 61) Ansicht theilt, dass alle normale Verzweigung auf Gabelung des Stängelendes oberhalb des jüngsten Blattes der Knospe beruht; einer Gabelung, nach welcher gewöhnlich der eine Gabelzweig, sich stärker entwickelnd, die Hauptachse fortsetzt, der andere, in der Entwickelung zurückbleibend und seitlich abgedrängt, als Seitenzweig erscheint. Es bedarf kaum der Bemerkung, dass das Vorhandensein

eines bestimmten Ortsverhältnisses zwischen den Zweigen und den Blättern mit dieser Ansicht vollständig vereinbar ist. Es hat dies auch kein Anhänger derselben in Abrede gestellt. Dass bei den Phanerogamen die minder intensiv sich entwickelnde Abzweigung, welche in Folge des Zurückbleibens hinter der anderen als Seitenzweig dieser auftritt, in der Regel der Achsel des nächst unteren Blattes eingefügt erscheint, darf um so mehr als ein Umstand von untergeordneter Wichtigkeit betrachtet werden, als ein ursächlicher Zusammenhang zwischen ihm und den anatomischen Verhältnissen der Blattachsel nirgends nachgewiesen, noch nach dem bis jetzt Bekannten auch nur zu ahnen ist. Nichts ist gewisser, als dass die Anlage eines Seitenzweiges in allen bisher untersuchten Fällen unmittelbar nach Anlegung des sogenannten Tragblattes in das Dasein tritt, und dass das in verticaler Richtung nächst höhere Blatt erst um Vieles später sich bildet. Die grundsätzliche Verschiedenheit der Ansichten besteht dennoch nur in Bezug auf die Frage, ob die dichotomische Verzweigung der Farrnstämme und die Bildung von Knospen auf dem Wedelstiele der Farrn einander gleichartige Vorgänge seien; ob beide in dem nämlichen Verhältnisse zur Hauptachse stehen, wie die axillaren Knospen der Phanerogamen? Die verneinende Antwort wird durch die Beobachtung sofort gegeben. Die hoch am Rücken des Wedelstieles stehenden Adventivknospen von Aspidium filix mas, wie die tiefer eingefügten bei Pteris aquilina und bei Struthiopteris germanica werden erst dann wahrnehmbar, wenn der betreffende Wedel bereits einen weit vorgeschrittenen Grad der Ausbildung erreicht hat, ganz im Gegensatz zu dem Auftreten der blattwinkelständigen Knospen mono- und dikotyledoner Pflanzen und der Gabelzweige derselben Farrnkräuter. Der Unterschied der Gabelzweige und der Adventivknospen tritt auch bei weiterer Entwickelung aufs Deutlichste in dem anatomischen Bau desjenigen Theils hervor, welcher das Verbindungsstück zwischen der primären Achse und dem Ende der Knospe bildet. Bei dem Gabelzweig zeigt dieses Stück den inneren Bau des Stammes, bei der Adventivknospe denjenigen des Blattstiels. Dies gilt ebenso von Pteris aquilina, wie von Aspidium filix mas.

Abweichend von den durch Mettenius gegebenen Definitionen möchte ich Seitenknospen solche nennen, welche oberhalb der Insertion des jüngsten Blattes aus der nackten Stammspitze hervortreten, also durch Gabelung des Stammendes sich bilden, dafern sie, schwächer sich entwickelnd, durch die andere Gabeltheilung

des Stammendes seitwärts abgedrängt werden; Adventivknospen aber solche, welche unterhalb der Einfügung des jüngsten appendiculären Organs zum Vorschein kommen, gleichviel ob an den Aussenflächen oder im Inneren von Geweben. Als Dichotomieen würden dann die Fälle gleichmässiger Ausbildung beider Gabelzweige zu bezeichnen sein. Diese Bezeichnungen thun der Grundanschauung der Lehre von den Auszweigungen, wie Schimper sie begründet hat, keinen Eintrag. Die Thatsache, dass bei den Phanerogamen in der Regel die in der Achsel des nächst unteren Blattes stehende Abzweigung des Stammendes sich schwächer entwickelt, als die andere, berechtigt nach wie vor zu der Annahme, dass die Fälle stärkerer Ausbildung derselben als besondere Arten der Verzweigung zu betrachten seien. — Für den, welcher die häufig vorkommenden Adventivknospen von Aspidium filix mas mit frühen Zuständen der selten auftretenden Gabelungen der Stammspitze der nämlichen Art, oder die häufigen Gabelungen der Stammspitze von Asplenium filix femina mit den nur sehr sparsam erscheinenden Adventivknospen am Grunde der Wedelstiele dieser Pflanze durch eigene Anschauung vergleicht, wird es selbstverständlich sein, dass es hier um zwei ebenso verschiedene Dinge sich handelt, wie es z. B. bei Metzgeria furcata die Gabelzweige des Stammendes und die aus Zellen der Ränder des flachen Stämmchens sich entwickelnden Adventivsprossen sind. Sehr frühe Entwickelungsstufen der Gabeltheilungen von Asplenium filix femina zeigten mir nach Entfernung aller älteren Wedel und Spreublättchen und bei Betrachtung von oben die beiden Achsenenden als gleichgrosse, flach kegelförmige Erhebungen, jede von den Anlagen nur dreier Wedel umstanden; die Blattstellung beider zu einander antidrom (während die der Adventivsprossen des Aspidium filix mas der des Hauptstammes meist, wenn auch nicht immer, homodrom ist), und die Blattstellung an dem einen jener beiden Hügel in die des ungetheilten älteren Theiles der Achse stetig übergehend. Diese Verhältnisse allein entscheiden allerdings noch nicht die Frage. Auch die Herbeiziehung der allerminutiösesten Einzelheiten, der Anordnung der Zellen unmittelbar nach Anlegung der Verzweigung, würde dies nicht zu thun vermögen. Für die Entscheidung der Wahl zwischen zwei Möglichkeiten ist aber das Gesehene für mich völlig ausreichend. Dagegen lässt sich in Bezug auf Pteris aquilina die Unzulässigkeit der Karsten-Mettenius'schen Betrachtungsweise direct darthun. Ich beob-

achtete Stämme von Pteris aquilina mit nacktem (wedellosen) unverzweigten Ende von beträchtlicher Länge, deren jüngster Gabelast ebenfalls noch keine Anlage eines Wedels erkennen liess. So unter mehreren anderen Fällen bei einer Länge des Endstückes von 8 Zoll und des jüngsten Gabelastes von 2½ Zoll. Dies ist für die Aechtheit der Gabeltheilung völlig beweisend. — Die Voraussetzung Mettenius' würde auch bedingen (bei der Einfügung des ersten Wedels der Nebenachse an der dem Hauptstamme zugewendeten Seite, wie sie Regel ist, wenn auch keine ausnahmslose), dass eine an der hinteren Kante des Wedels eingefügte Knospe durch ihre frühzeitige Entwickelung den Wedel von der Hauptachse hinweg gerückt habe, der er angehörte. Nach dieser hin musste also die Vorderfläche seiner Spreite errichtet sein, oder aber sein Stiel musste eine Torsion von 180° zeigen. Keines von Beiden ist der Fall.

Der Schluss, den ich aus dem anatomischen Baue des wedellosen Stammendes von Pteris aquilina zog*) — dieser Schluss, dem Mettenius den Boden entzogen zu haben glaubt, würde seine Gültigkeit behalten, selbst wenn die von Mettenius meiner Auffassung der Verzweigungsweise von Pteris aquilina entgegengestellte Ansicht durchführbar wäre. Er beruht auf dem durch H. v. Mohl bereits hervorgehobenen (Vermischte Schriften, 111) Verhalten der oberen Gefässbündelenden aller Farrnkräuter, insbesondere derer mit kriechendem Stamme und zweizeiliger Wedelstellung; nur treten die betreffenden Verhältnisse anderwärts nicht so augenfällig hervor. Wie Mohl es ausdrückt: man findet nie, dass an der Austrittsstelle eines Gefässbündels in ein Blatt ein ganzes Gefässbündel sich auswärts biegt, um in das Blatt einzutreten (wie dies bei den Phanerogamen fast allgemein geschieht), sondern die Gefässbündel laufen im Stamme weiter und schicken blos kleine Aeste in die Blätter ab. — Auf dieselbe Eigenthümlichkeit gründet sich auch Unger's Bezeichnung der Gefässkryptogamen als Endsprosser; nicht minder findet sie einen, wenn auch

*) l. c. p. 630: „Auch in den unverästelten, wedellosen Stämmen ist die Gefässbündelvertheilung genau übereinstimmend mit der wedeltragender Stämme. Ein schlagender Beweis dafür, dass die Anordnung der Gefässbündel im Stamme nicht abhängig ist von der Stellung der appendiculären Organe und der Zahl und Form der in sie eintretenden Bündel.“

nur unvollständigen, Ausdruck in Nägeli's Bezeichnung der Gefässbündel der unteren Stammhälfte von Polypod. vulgare als stammeigene (Beiträge I., Leipzig 1858, 35).

Ueber die Entwickelung der Sporen von Equisetum.

Ich hatte die Vorgänge, die der Vereinzelung der vier Zellen folgen, in welche die Mutterzelle der Sporen von Equisetum sich theilt — das Auftreten eines lichten Hofes um die kugelige Zelle, die allmälige Umwandlung dieser Hüllschicht in eine bei Benetzung durch Wasser von der kugeligen Zelle sich abhebende Membran — als die Bildung einer neuen Zelle um den primären Zellkern, frei im Centrum der Specialmutterzelle, aufgefasst (Vergleichende Untersuchungen, 99). Dem entgegen hat Sanio gezeigt (Botan. Zeit. 1856, 181; 1857, 659), dass die beiden Membranen innerhalb des Sporangium stets dicht aufeinanderliegen, dass somit eine freie Zellbildung nicht angenommen werden dürfe. Dies ist ganz richtig. Sanio versuchte ferner darzulegen, dass von einer centripetalen (von der Innenwand nach Innen vorspringenden) schraubenlinigen Verdickung der äusseren Zellhaut, welche deren Spaltung in die Elateren vorausgehe, nicht die Rede sein könne. Die dafür beigebrachten Gründe sind indess nicht beweisend. Da in der Entwickelung der Schaftbalmsporen noch einige, für die Lehre von der Zellhaut nicht unwichtige Erscheinungen vorkommen, will ich auf den Gegenstand hier nochmals ausführlicher eingehen. Da Sanio die gegen meine Darstellung der Theilung der Mutterzelle früher erhobenen Einwendungen (l. c. 1856, 170) später selbst berichtigt hat (l. c. 1857, 658), so will ich in Bezug auf die, der Trennung der vier Spezialmutterzellen von einander vorausgehenden Zustände nur erwähnen, dass Sanio's Beobachtungen von Zuständen in ihrer weiteren Entwickelung abnorm sich verhaltender Mutterzellen des Equisetum hiemale, welche er als Theilung des primären Zellkerns durch Abschnürung deutete (l. c. 1857, 667), in der normalen Entwickelung keine Analogie finden. Der ursprünglich sehr deutliche kugelige primäre Zellkern der Mutterzelle zeigt undeutlichere Umrisse, je spätere Zustände von Eq. limosum man untersucht. Zu einem Zeitpunkte, welcher dem Auftreten der zwei secundären, abgeplattet ellipsoidischen Zellkerne unmittelbar vorausgeht, gerinnt, bei irgend längerer

Einwirkung von Wasser, die Inhaltsflüssigkeit des Centrums der Mutterzelle zu mehreren Klumpen ohne bestimmte Form. Hier kann also ebensowenig ein Zweifel über die vollkommene Auflösung des primären Kerns vor Bildung der secundären obwalten, als in dem vorlängst von mir für die Bildung des Pollens von Monocotyledonen festgestellten Falle (Botan. Zeit. 1848, 428).

Wird die Specialmutterzelle, bald nach ihrer Trennung von den drei Schwesterzellen, in der Inhaltsflüssigkeit des Sporangium untersucht, so erscheint ihre zarte Membran, auch bei Anwendung der besten optischen Hülfsmittel, vollkommen homogen. Aber auf nur wenig weiter vorgerückten Entwickelungszuständen, in den unteren Sporangien eines Fruchtstandes, dessen oberste Sporangien die oben erwähnte Beschaffenheit der in ihnen enthaltenen Specialmutterzellen zeigen, erweiset sich unter gleichen Umständen die Haut der Zellen aus zwei Schichten zusammengesetzt: einer dichteren, das Licht stärker brechenden inneren und einer äusseren, minder dichten. Diese übertrifft jene an Dicke um etwa das Doppelte. Der Durchmesser jener ist 0,337, der dieser 0,672 MMM. — Bei Zusatz absoluten Alkohols zieht sich die lockere äussere Schicht zusammen, so dass sie kaum noch von der inneren unterschieden werden kann. Gleichzeitig contrahirt sich der Zelleninhalt bald zu einer wohlgerundeten Kugel, bald zu einem unregelmässig gestalteten Körper.

Wird dem frischen Präparate Wasser zugesetzt, so schwellt die äussere lockere Schicht beträchtlich auf, so dass sie die unverändert bleibende innere als dicke Hülle aus fast flüssiger Gallerte umgiebt. Bei längerer Einwirkung des Wassers vertheilt sich die Gallertschicht in demselben vollständig. — Die Einwirkung von Alkohol auf die frische Zelle vermindert dies Aufquellungsvermögen beträchtlich. Nach Behandlung mit Alkohol und darauf folgendem Aussüssen des Präparats mit destillirtem Wasser schwellt die äussere Schicht nur bis zu einem bestimmten Maasse auf, etwa um das Dreifache. Wird jetzt das Präparat gequetscht, so wird die aufgequollene Schicht breit gedrückt. Man erkennt dann deutlich, dass sie in ihrer ganzen Masse aus gleichartiger, glasheller, gallertähnlicher Substanz besteht, und dass das körnige Aussehen ihrer Aussenfläche von anhaftenden Körperchen herrührt. Längere Einwirkung absoluten Alcohols raubt häufig der äusseren Schicht das Aufquellungsvermögen ganz und gar.

Chlorzinkjod dem frischen Präparate zugesetzt, färbt die auf-

quellende Schicht in ihrer ganzen Masse blassblau, die innere Schicht gelb. Bei den in Alcohol liegenden Zellen wird die äussere Schicht der Haut durch Chlorzinkjod blassgelb, die innere braun gefärbt. Zusatz von Wasser ruft dann in der äusseren Schicht die blaue Färbung hervor. Kupferoxydammoniak zum frischen Präparat gebracht, schwellt die äussere Schicht nur wenig auf, und erhärtet sie, so dass Quetschung sie nicht breit drückt. Schwefelsäure löst die äussere Schicht sofort auf, die innere widersteht ihrer Einwirkung, und nimmt dabei braune Färbung an. — Der Durchmesser der Zelle ist auf dieser Entwickelungsstufe 20,24 bis 23,6 M.M.M. Von einer dritten innersten Membran ist auch dann keine Spur wahrzunehmen, wenn die in Alkohol liegende Zelle gesprengt wird.

Eine dritte Hülle des Inhalts kommt aber bald darauf zum Vorschein, wenn die Zelle einen Durchmesser von 30,3 bis 37 M.M.M. erreicht hat. Eine solche Zelle, in wässerigen Alkohol gelegt, zeigt drei doppelt contourirte, beiderseits scharf begränzte, von einander völlig getrennte Membranen. Jede der drei ineinander geschachtelten kugeligen Blasen liegt zur nächst äusseren exentrisch. Werden die Zellen frisch in absoluten Alcohol gelegt und dann mit Wasser ausgesüsst, so quellen alle drei Membranen auf, aber in verschiedenem Maasse: die äussere am stärksten, die mittlere minder stark, die innere am schwächsten; der Inhalt schwellt dabei mit auf. Er bleibt unter allen Umständen der innersten Membran dicht angeschmiegt; er lässt sich nicht zu stärkerer Zusammenziehung bringen, als diese. Bei einer Zelle z. B., deren Durchmesser in Alkohol 30,2 M.M.M. betrug, maass nach Behandlung mit Wasser der Durchmesser

der inneren Membran 32 M.M.M.,
der der mittleren . . 37,04 „
der der äussersten . 63.84 „

Chlorzinkjod bläut auf dieser Entwickelungsstufe alle drei Membranen; die mittelste am frühesten und intensivsten, die innerste nur sehr schwach. Werden in Alkohol gelegte solche Zellen durch Quetschung gesprengt, so trennen sich die bis dahin dicht aneinander liegenden Häute von einander, indem die mittlere auf einen kleineren Raum sich zusammenzieht, als die äusserste, und die innerste noch viel stärker sich contrahirt, als die mittlere. Beide bleiben auch nach der Sprengung und der Verminderung des Umfanges straffe, kugelige Blasen, und zeigen jetzt eine grössere Dicke

der Wand als zuvor. Bei Behandlung der frisch aus dem Sporangium genommenen Zelle mit Wasser quellen die äussere und die mittlere Membran öfters ziemlich gleichmässig auf, und heben sich, dicht aneinander geschmiegt von der innersten ab. Durch Quetschung der Zelle sind die aufgequollenen Häute leicht von einander trennbar. Sie zeigen nach dem Aufquellen eine kaum merkliche Zunahme der Dicke. Von dem Verlaufe der schraubenlinigen Bänder, in welche bald nachher die äussere Membran zu zerfallen bestimmt ist, lässt sich zu dieser Zeit noch keine Spur wahrnehmen.

In solchen Sporangien aber, in denen einzelne Zellen in der äussersten Membran Spuren der Elaterenentwickelung zeigen, andere nicht, bleibt das Aufquellungsvermögen der mittleren Membran weit hinter dem der äussersten zurück. Schon in der Flüssigkeit des Sporangium steht (bei Equis. limosum) die äussere Membran von der mittleren eine nicht unbeträchtliche Strecke ab. Bei Behandlung mit Alkohol ziehen die mittlere und die innerste Membran von der äusseren sich weit zurück, indem beide dicht aneinander und an den Zelleninhalt angeschmiegt bleiben. Bei nachherigem Wasserzusatz bleibt die innerste Membran dem Zelleninhalt auch jetzt noch auf allen Punkten anliegen, die mittlere hebt sich etwas von ihr ab (häufig indem sie in unregelmässiger Weise sich faltet); die äusserste entfernt sich weit von der mittelsten. Bei diesem Aufquellen der äussersten Membran wird es deutlich, dass spaltenförmige verdünnte Stellen in Richtung zweier unter sich paralleler, links gewundener Schraubenlinien in ihr verlaufen. Im Profil (im optischen Längsdurchschnitt der Zelle) sehe ich die dickeren Stellen der Membran, bei Anwendung der besten Instrumente, von den verdünnten aus nach-Innen vorspringen; nicht nach aussen*). Chlorzinkjod färbt an dem in Wasser liegenden Präparate die äussere, in der Umbildung zu den Elateren begriffene Membran blassblau, die mittlere intensiver blau.

In wenig weiter entwickelten Sporangien sind die dünnen Stellen der äussersten Membran verschwunden; die zarte Haut,

*) Wie Sanio angiebt, Botan. Zeit. 1857, 661. Die Richtigkeit meiner Abbildung, vergl. Unters. Taf. XX. F. 18, erhalte ich aufrecht; abgesehen von dem Umstande, dass in dieser Zeichnung die dünnen Stellen dieser Membran unverhältnissmässig dick ausgefallen sind.

welche die Wandungen der Elateren verband, ist nicht mehr vorhanden. Frisch in Chlorzinkjodlösung gebracht, werden die Elateren graublau, mit Ausnahme einer dünnen äussersten Schicht, welche gelbliche Färbung annimmt. Auf Zusatz von vielem Wasser wird die Färbung der Hauptmasse der Elateren reiner blau. Eine von der früheren sehr abweichende Reaction auf Jod zeigt von jetzt, von der Trennung der Elaterenbänder an, die mittlere Membran; sie bleibt unter allen Umständen gelb, in Chlorzinkjod sowohl, wie bei der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Kupferoxydammoniak greift die, vor Kurzem zu den Elateren zerspaltene äusserste Membran rasch an, und löst sie unter schwachem Aufblähen allmälig. Die nächst innere Membran schwellt unter der Einwirkung derselben Flüssigkeit zu einer weiten Blase an, ohne an Dicke merklich einzubüssen. Ihre Substanz ist dann erweicht; durch Rollen unter dem Deckglase wird sie leicht runzelig. Die dritte Membran liegt dem Inhalt straff und prall an; bei längerer Einwirkung des Kupferoxydamoniak nimmt sie gelbliche Farbe an, bleibt aber sonst unverändert.

Wenig später, während die Elateren an Breite und Dicke stetig zunehmen*), wird die Anlegung einer letzten, innersten Membran der Spore bemerklich. Wird eine junge, aus den umwickelnden Elateren befreite Spore dieses Entwickelungszustandes in Alkohol gelegt und dann dem Präparate Wasser zugesetzt, so hebt von der dritten Membran und dem durch sie eng anliegend umschlossenen Sporeninhalte die den Elateren nächste Membran sich ab; sprengt man jetzt die Spore durch Quetschung, so bleibt die den Elateren nächste Membran faltig liegen, ohne ihr Volumen zu ändern. Die ihr nächstinnere bleibt wie früher nach dem Bersten straff, indem sie auf einen viel kleineren Raum sich zusammenzieht und nun beträchtlich dicker erscheint, als vorher. Sie stand also unter starkem Drucke des aufquellenden Zelleninhalts, und besitzt einen hohen Grad von Elasticität. Sie trägt jetzt auf ihrer früher glatten Aussenfläche dicht gestellte kleine Hervorragungen, welche ihr ein fein gekörneltes Aussehen verleihen. Ihrer Innenfläche ist eine ziemlich dicke Schicht halbflüs-

*) Ein Umstand, den Sanio (Botan. Zeit. 1857, p. 664) mit Recht als einen Beweis für das Wachsthum der Zellhaut nach allen Richtungen durch Intussusception hervorhebt.



siger, glasheller Substanz aufgelagert, welche durch starke Pressung zum Theil aus dem Risse der geborstenen Membran hervorgetrieben werden kann. — Bei Behandlung der frisch aus dem Sporangium genommenen Sporen solcher Entwickelung mit Aetzkalilauge quellen die Elateren stark auf; die ihnen nächst innere Membran schwellt zu einer Blase an, gewöhnlich Falten werfend. Die dritte feingekörnelte färbt sich brauner, bleibt aber im Uebrigen unverändert. Die vierte, noch weiche, zieht sich, den Inhalt umschliessend, zusammen, erscheint aber mit doppelter Contour*). Der peripherische Theil des Sporeninhalts nimmt dabei eine (bei Weitem nicht bis zum Centrum der Zelle sich erstreckende) rothe Färbung an, was auf Anwesenheit von Gerbstoff schliessen lässt**). Bisweilen, bei Sporen, die aus demselben Sporangium genommen sind, wie die eben erwähnten, quillt die innerste Schicht bei der Behandlung mit Aetzkali auf, bleibt der gekörnelten Schicht anliegen, und dann lässt diese durch Rollen unter dem Deckglase von der innersten sich abstreifen, welche nun als geschlossene, den Zellinhalt umhüllende Blase erscheint. — Schwefelsäure zerstört augenblicklich die Elateren solcher Sporen; die nächstinnere Haut dehnt sich dabei zur weiten Blase aus, widersteht aber der Säure; ebenso die dritte, körnige, welche sich bräunlich färbt. Die vierte, innere, quillt zu Gallerte auf, welche nach Sprengung der Zelle unverzüglich in der umgebenden Flüssigkeit sich vertheilt.

Nach dem Aufreissen der reifen Sporangien strecken sich, wie bekannt, die Elateren beim Austrocknen gerade, indem sie mit ihrer Mittelgegend an der Spore kleben bleiben; bei Befeuchtung rollen sie sich schraubenlinig wieder zusammen, die Spore ganz in der früheren Weise wieder bedeckend. Man überzeugt sich leicht an isolirten Windungsstücken von Elateren, dass die Einrollung bei Befeuchtung von keiner Verkürzung der concav werdenden Seite begleitet ist; es geht daraus hervor, dass die Geradestreckung auf einer relativ grösseren Verkürzung der **äusseren** Schichten des Elaterenbandes beruht; einer Verkürzung, die bei Wiederbefeuchtung vollkommen wieder ausgeglichen wird. — Bei

*) Sanio, l. c. 665, der aus ihrer Contractilität den Schluss zieht, sie sei ein Primordialschlauch.

**) Sachs, Sitzungsber. d. Wiener Akad. XXXVI (1859) p. 21. Dass die rothe Färbung nur den Zelleninhalt betreffe, hat bereits Sanio bemerkt (Botan. Zeit. 1857, 666).

Behandlung der reifen, trockenen Spore mit rauchender Schwefelsäure werden die Elateren rasch eingerollt und fast augenblicklich vollständig aufgelöst. Wasserhaltige Schwefelsäure rollt ebenfalls die Elateren ein, zerstört aber bei einer gewissen Concentration nur die inneren Schichten derselben. Die dünne äusserste Schicht, welche mit Chlorzinkjod während der Bläuung der inneren Schicht sich gelb färbte (Pringsheim's Cuticula der Elateren*), bleibt unverändert als schlaffes Band zurück. Die zweite, jetzt äussere Membran der Spore wird durch die Einwirkung von Schwefelsäure, concentrirter sowohl wie verdünnter, ausgedehnt und von der mittleren abgehoben. Die innerste Sporenhaut wird durch concentrirte Schwefelsäure stark aufgeschwellt, so dass sie bald beide äussere Membranen sprengt, und mit dem Sporeninhalt als Gallertkugel austritt. Die beiden äusseren Häute werden auch von rauchender Schwefelsäure, selbst bei 10tägigem Verweilen in derselben und bei Erhitzung, nicht angegriffen. Die äussere bleibt zu Anfang glashell, und erhält nur später eine Spur einer rauchgrauen Färbung und eine granulirte Beschaffenheit der Aussenfläche. Die innere, deutlich feinkörnig, färbt sich tief braun. Nach Sprengung der Spore rücken wieder alle ihre Membranen auf einen weit kleineren Raum zusammen, so dass der Durchmesser nur etwa die Hälfte des vorherigen beträgt. Wurde die Sprengung der Spore durch Behandlung mit Schwefelsäure bewirkt, so erscheint die Zusammenziehung der mittleren Haut, somit die Elasticität, auf welcher diese Contraction beruht, gar nicht beeinträchtigt; die der äusseren nur wenig.

Nach Quetschung der frischen, völlig reifen, verstäubten Spore ist die innerste, dem Inhalte unmittelbar angränzende (vierte) Membran derselben nur nach aussen hin scharf begränzt; nach innen zu geht sie allmälig in eine Schicht halbfester Gallerte über. Zu einer beiderseits glatten festen Haut wird sie erst während der Keimung. Die Ausdehnung, welche Zelleninhalt und innerste Sporenhaut bei der Aussaat auf feuchten Boden oder in Wasser beginnen, sprengt sehr bald die äusserste der drei Sporenhäute; später die mittlere; beide werden abgestreift. Auch nach dem Freiwerden der innersten Sporenhaut, ja selbst noch einige Zeit nach der Theilung derselben in zwei Zellen haftet ihrer Innenwand jener mit Aetzkali sich roth färbende Stoff als eine zusammenhän-

*) Botan. Zeit. 1853, p. 244.

gende Schicht sehr kleiner Körnchen an, welche bei Quetschung von der Zellhaut sich ablöst.

Dieser Entwickelungsgang der Equisetensporen ist in zwei Beziehungen von allgemeinerem Interesse. Es zeigen sich in ihm in schärfst ausgeprägter Weise neben einander zwei Arten des Wachsthums der Sporenhaut in die Dicke: die durch Apposition (Entstehung der dritten und vierten Membran, welche deutlich als den Innenflächen der zuvor vorhandenen Häute aufgelagerte, allmälig erhärtende Schichten von halbfestem Stoffe auftreten), und das durch Intussusception (centripetales Wachsthum der Elateren nach ihrer Spaltung; centrifugales Wachsthum der zweiten und dritten Haut während und nach Anlegung der vierten, in dem Körnigwerden der Aussenflächen jener beiden Membranen hervortretend). Wichtiger ist indess der zweite Punkt: die bedeutenden Modificationen der physikalischen Eigenschaften und der chemischen Reactionen, welche jede der vier Häute der Spore während des Entwickelungsprocesses erfährt. Jede von ihnen zeigt zu einer bestimmten Periode ihres Daseins das gewöhnlich für charakteristisch genommene Verhalten des Zellhautstoffes zu Jod und zu Schwefelsäure; aber keine während des frühesten Entwickelungszustandes, und keine dauernd. Die erste Membran (die Elateren) und die vierte (diese gleich nach Beginn der Keimung) nehmen im Verlaufe der Entwickelung in ihrer äussersten Schicht den Character einer Cuticula an; die zweite und die dritte erhalten durch und durch die Beschaffenheit einer solchen. Die drei äusseren Membranen besitzen in der Jugend ein ungleich grösseres Aufquellungsvermögen, als später; und während dieses Aufquellungsvermögens entbehrte die zweite und dritte Membran nicht eines hohen Grades von Elasticität, die mit Sinken des Aufquellungsvermögens gleichfalls sinkt, wenn auch nur vorübergehend.

Dass die zu den Elateren sich umbildende äusserste Membran der Spore als deren Spezialmutterzelle zu betrachten ist, kann nach Sanio's interessanter Beobachtung der abnormen Bildung von Elateren aus den Häuten von Mutterzellen, in denen die Theilung in vier Tochterzellen unterblieb*), noch weniger einem Zweifel unterliegen, als früher. Die Equiseten zeigen somit das seltene Beispiel des langen Bestehens der Specialmutterzellhäute, ein Fall, der bei Phanerogamen nur bei den Pollen von Maranta

*) l. c. 1857, p. 667.

zebrina mir bekannt geworden ist. Bei der Umbildung der Specialmutterzellhäute zu den Elateren scheint eine Translocirung der Membranensubstanz stattzufinden. In schraubenliniger Richtung verlaufende streifenförmige Stellen der Haut werden dünner und verschwinden (zerreissen) endlich, während andere, diesen Stellen parallele Streifen an Dicke zunehmen. Die Differenzirung der Haut in Richtung der Fläche zu Streifen verschiedenen Verhaltens lässt sich vergleichen mit ihrer Differenzirung in Richtung der Dicke zu zwei Schichten von verschiedenen Eigenschaften.

Ueber das Dickenwachsthum des Knospenendes von Selaginella.

Neuere Beobachtungen haben mir gezeigt, dass auch bei Selaginella, wie bei Equisetum, das Auftreten der Längsachse des Stängelendes und der Chorden der gewölbten freien Aussenwände der Zellen dicht unter der Knospenspitze paralleler Wände nicht schon nach der ersten Längstheilung der Zellen zweiten Grades durch zur Stängelachse radiale Längswände erfolgt. — Die Zelle zweiten Grades, welche von der den Gipfel der Knospe einnehmenden Zelle ersten Grades durch Auftreten einer den Seitenflächen dieser keilförmigen Zelle parallelen Schrägwand abgeschieden wurde, theilt sich, wie ich bereits angegeben (vergl. Unters. p. 112), durch eine gegen eine der breiten Seiten des Stängels geneigte Wand in zwei ungleiche Hälften. Jede derselben wird durch eine Längswand, welche gegen die letztentstandene Wand concav ist, und die Gränzwand der aus Vermehrung der nächstjüngeren Zelle zweiten Grades hervorgegangene Nachbarzelle schneidet, in eine der schmalen und eine der breiten Seite des Stängels zugewendete Zelle getheilt. Die erstere ist ein vierseitiges, die zweite ein dreiseitiges Prisma mit gekrümmten Seitenflächen: jene, die vierseitige Tochterzelle, theilt sich darauf durch eine der Längsachse des Stängels parallele Wand in eine innere und äussere Zelle. In der äusseren Zelle tritt eine die Aussenfläche schneidende Längswand auf. So kommt die Anordnung der Zellen des Stängelendes in vier axile, und einen Kranz von zwölf peripherischen Zellen zu Stande, welche man auf Querschnitten dicht unter dem Knospenende bemerkt. In dieser Reihenfolge der Theilungen tritt die oben (S. 273) ausgesprochene Regel hervor, dass die

Theilungswände in Vermehrung begriffener Zellen im Knospenzustande befindlicher Organe senkrecht zur Richtung des stärksten vorausgegangenen Wachsthums der Zellen stehen. Bei Zunahme des Umfanges eines Stängels wächst die Sehne der Aussenwand eines Quadranten desselben, verglichen mit den Radien des Stängels, im Verhältniss der Hypothenuse eines rechtwinkligen Dreiecks zu dessen Katheten.

Bei Herannahen der Gabelung des Stängelendes treten zu den Theilungen der Scheitelzelle durch gegen die schmalen Seiten des Stängels wechselnd gewendete Wände auch Theilungen durch Wände hinzu, welche gegen die breiten Seiten des Stängels wechselnd geneigt sind. Die Scheitelfläche der Endzelle erhält dadurch parallelogrammatische Gestalt. Soweit die Beobachtungen reichen, folgen die Theilungen der Scheitelzelle nach den vier verschiedenen Richtungen einander in links umläufiger Schraubenlinie. Es tritt diese zweite Form von Theilungen bei Selaginella hortensis Mett. sehr früh ein, schon bei Anlegung des vierten Blattpaares eines Spross-Abschnittes, bei Selaginella Galeottii und Martensii um Vieles später, wie denn überhaupt bei Selaginella hortensis die Gabelung der Stängelspitze sehr früh angelegt wird.

Ueber die morphologische Deutung des Sporangiums von Selaginella.

Es geht aus der Entwickelungsgeschichte dieses Organs unzweifelhaft hervor, dass dasselbe nur dann, nach dem Vorgange H. v. Mohl's (Verm. Schr. 106), als umgewandelter Theil seines Tragblattes angesehen werden kann, wenn die Gruppe von Zellen, welche dicht über der Einfügung des Nebenblattes oberhalb des Scheitelpunktes des Winkels zwischen diesem und dem Stängel sich befindet, als noch zum Blatte und nicht zum Stängel gehörig betrachtet wird. Diese Anschauung ist zwar mit den beobachteten jüngsten Zuständen von Blatt und Sporangium nur schwierig zu vereinbaren. Die aus nur sehr wenigen Zellen bestehende junge Anlage der Frucht steht überall auf der dem Blatte zugewendeten Aussenfläche des Stängelendes, selbst bei solchen Arten wie Selaginella spinulosa, deren Sporangien schon nach geringer Fortentwickelung so weit an der oberen Fläche des nächst unteren Blattes hinaufgerückt sind, dass sie als ein Theil desselben erschei-

nen. — Es walten bei den Gefässkryptogamen ähnliche Schwierigkeiten einer gleichartigen Durchführung der Anschauung des Verhältnisses des Sporangium zum Blatte ob, wie sie bei dem Verhältnisse der Placenten und Ovula der Phanerogamen zu den Carpellen uns entgegen treten. Aber eben um dieses Umstandes willen möchte ich meinen früheren Anschluss (vergl. Unters. p. 119) an die Deutung Bischoff's, welcher das Sporangium der Selaginellen und Lycopodeen für eine metamorphosirte Axillarknospe erklärte, nicht aufrecht erhalten, und der Ansicht Mohl's mich zuwenden, für welche auch das Verhältniss des Sporangium von Isoëtes zum Blatte und Spreu- oder Nebenblatte einen gewichtigen Wahrscheinlichkeitsgrund hinstellt.

Ueber die Vorkeime und die nacktfüssigen Zweige der Charen

von

N. Pringsheim.

Die Beobachtungen über die Keimung der Charen, welche Vaucher im Jahre 1821 veröffentlicht hat*), haben die erste thatsächliche Grundlage zu einer richtigen Würdigung der Fructificationsorgane dieser Pflanzen geliefert. Bestätigt wurden sie bald darauf durch Kaulfuss**), der seine Untersuchungen zwar erst 1825 bekannt machte, sie aber, wie es scheint, schon beendet hatte, noch bevor ihm der Aufsatz von Vaucher, welcher die erste Darstellung der Keimung enthielt, zugegangen war.

Durch diese Beobachtungen wurde zuerst die Keimfähigkeit der Sporenfrüchte der Charen dargethan und zugleich festgestellt, dass aus der keimenden Sporenfrucht stets nur eine einzige Pflanze hervorgehe.

Zahlreiche Beobachter haben später die Keimung der Charen von Neuem untersucht, und den Vorgang ohne Ausnahme wesentlich in völliger Uebereinstimmung mit den Angaben von Vaucher und Kaulfuss dargestellt.

Eine nähere, auf den genaueren Vorgang bei der Keimung bezügliche Angabe, welche die unmittelbare Bildung der Pflanze aus der keimenden Spore betrifft, hat bisher gleichfalls von den späteren Beobachtern keinen Widerspruch erfahren. Sie findet

*) Mémoires de la société de Physique de Genève. Tom. I. p. 1. 1821.

**) Erfahrungen über das Keimen der Charen. Leipzig 1825.

sich zuerst scharf ausgesprochen bei Bischoff, welcher nach einigen Bemerkungen über die von der zufälligen Lage der Spore herrührende Richtung der jungen Pflanze in seiner Monographie der Charen hierüber Folgendes aussagt*): „In jedem Falle ist es jedoch „klar, dass bei den Chareen eine unmittelbare Entwickelung des „Keimpflänzchens aus der Spore Statt hat, ohne Spur eines pri„mitiven Keimgebildes, wie es bei den übrigen Cryptogamen der „höheren Ordnungen der Fall ist, und auch dadurch wird der „Standpunkt dieser Pflanzen auf der Grenzscheide der beiden „Hauptabtheilungen des Gewächsreiches beurkundet.“

Jeder, der keimende Charen beobachtet hat, wird zugeben, dass diese Behauptung dem Eindrucke entspricht, welchen keimende Charen zunächst in dem Beobachter hervorrufen, und offenbar hat dieser Eindruck auch alle späteren Beobachter der Keimung verführt, denn diese weichen in ihrer Auffassung der aus der Spore hervortretenden Bildung nirgends von Bischoff ab.

Dennoch aber ist diese Auffassung falsch, und es ist gewiss, dass die erste Axe der Pflanze nicht unmittelbar aus der Spore hervorgeht, sondern dass auch bei den Charen, wie bei den übrigen höheren Cryptogamen, bei der Keimung zuerst ein Vorkeim gebildet wird, aus welchem erst später die Pflanze durch eine normale Knospung hervorsprosst.

Der Beweis für diese Behauptung, den der vorliegende Aufsatz bezweckt, führt auf die Wachsthumsgeschichte der Charensprosse, deren vollendete Darstellung wir Alex. Braun**) verdanken, zurück. Er verlangt ferner ein ausführliches Eingehen auf die Bildung und den Bau der aus den Knoten und in den Blattachseln der Charen sich erhebenden Seitenzweige.

Den allgemeinen Bau der Charen kann ich als bekannt voraussetzen, dagegen glaube ich wenigstens die Hauptzüge aus der Entwickelungsgeschichte der Sprosse hier vorausschicken zu müssen, da ihre Kenntniss eine nothwendige Grundlage für das richtige Verständniss der Vorkeime bildet.

I. Die Sprosse der Charen enden — wie die beblätterten Sprosse der Cormophyten überhaupt — mit einem Vegetationskegel, von

*) Die cryptogamischen Gewächse; erste Lieferung: Chareen und Equiseteen. Nürnberg, 1828. Seite 10.

**) Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Monatsberichte der Berliner Academie vom Jahre 1852 und 1853.

welchem die Bildung sämmtlicher Theile, der Internodien, der Knoten und der Blätter mittelbar oder unmittelbar ausgeht.

Jede Terminalspitze eines wachsenden Charenzweiges läuft daher in eine offene Knospe aus (X. 5. 6. XIII. 4.), die in ihrer morphologischen Gliederung vollkommen der Terminalknospe eines Phanerogamenzweiges entspricht. Ebenso beginnt jeder normale Seitenzweig der Charen mit einer in der Achsel oder am Grunde der Blätter verborgenen Knospe (X. 1. c. XIII. 4. g.), deren Vegetationskegel von seiner ersten Entstehung aus dem Stammknoten an deutlich wahrgenommen wird.

Es unterscheiden sich aber die Sprosse der Charen von den Sprossen der Gewächse höherer Ordnungen durch den für die Untersuchung ihrer Entwickelung höchst günstigen Umstand, dass ihre Bildungscentra nicht von complexen Zellkörpern, sondern nur von einzelnen Zellen gebildet werden.

Der Vegetationskegel, welcher sich an der Spitze eines jeden Sprosses, einer jeden Knospe der Charen finden muss, besteht daher bei den Sprossen und Knospen der Charen nur aus einer einzigen Zelle — der Vegetationszelle — die stets vorhanden sich immer deutlich über die jüngsten Blattanlagen erhebt (v. Fig. 6. Taf. X. und Fig. 4. u. 6. Taf. XIII.)

Die ersten Anlagen zu den primären Gliedern sind wieder einzelne Zellen, die unmittelbar durch aufeinander folgende Theilungen aus der Vegetationszelle hervorgehen (o. Fig. 6. Taf. X. und i. Fig. 4. Taf. XIII.). Diese primären Gliederzellen theilen sich wieder durch eine Scheidewand in zwei übereinander stehende ungleiche Zellen, von welchen die untere und zugleich niedrigere ohne weitere Theilung zu der langen Internodialzelle der Charen auswächst, während die obere, höhere, zur primären Knotenzelle wird. Die Knoten sind daher bei ihrer Entstehung schon im einzelligen Zustande als solche erkennbar und werden erst später durch secundäre Bildung von zunächst senkrechten Scheidewänden in der primären Knotenzelle (X. 6. XIII. 4. 6.) zu dem complicirten Zellkörper umgebildet, den sie später darstellen und dessen Bildungsgeschichte bisher noch nicht über die ersten Stadien seiner Entwickelung hinaus hat fortgeführt werden können.

Die Blätter treten als einzelne Zellen aus dem Knoten hervor (f. f'. in Fig. 6. Taf. XIII.), und zwar sind es die peripherischen Zellen der Knoten selbst, welche sich erhebend zu den Blattanlagen werden, die alsdann nach einem Wachsthumsgesetze,

welches von dem der Axe wesentlich verschieden ist, sich in die fertigen Blätter umbilden.

Da aber die peripherischen Zellen der Knoten nicht durch simultane, sondern durch succedane Theilung in der primären Knotenzelle entstehen, so treten auch die einzelnen Blätter desselben Blattkreises nicht gleichzeitig, sondern nach einander aus dem Knoten hervor (XIII. 6.), und dies verschiedene Alter der Blätter desselben Blattkreises macht sich bei den jüngsten Blattkreisen noch auffallend durch die verschiedene Grösse und Ausbildung der dem Blattkreise angehörigen Blätter bemerkbar (X. 6. der entstehende Blattkreis f., XIII. 5. der Blattkreis g. und X. 5.). Allein im Laufe der weiteren Entwickelung verschwindet sehr bald dieser Altersunterschied, und ältere Blattkreise — vom dritt- bis viert-jüngsten an — zeigen nur noch geringe Spuren dieser ursprünglichen Verschiedenheit, und auch diese verschwinden bei der gleichartigen Ausbildung, welche später die Blätter desselben Kreises gesetzmässig erhalten, schliesslich ganz (XIII. 4. die Terminalknospe).

Die Stengelberindung der berindeten Charen endlich, welche ich hier noch mit einigen Worten berühren muss, wird, wie schon Varley*) wusste, von einzelnen, gleichartig gebauten Zellsträngen gebildet, die durch ihre Verwachsung die geschlossene, das Internodium völlig bekleidende Rindendecke darstellen. Jene Zellstränge, welche Alex. Braun „Rindenlappen" oder „Rindensegmente" genannt hat, nehmen ihren Ursprung aus dem Knoten am Grunde der Blätter (XIII. 4. d, a.), indem von jedem Blatte am Knoten ein Rindensegment aufsteigend an das nächst obere, und eines absteigend an das nächst untere Internodium sich anlegt. Nur dem ältesten Blatte des Knotens, in dessen Achsel die erste normale Seitenknospe steht, fehlt das eine, und zwar das aufsteigende Rindensegment. Die von einem Knoten absteigenden Rindensegmente (in der Fig. 4. Taf. XIII. von den sichtbaren die drei oberen bei d.), deren Zahl also der Anzahl der Blätter des Knotens gleichkommt, verwachsen in der Mitte des unter dem Knoten befindlichen Gliedes mit den an diesem Gliede von dem nächst unteren Knoten aufsteigenden Rindensegmenten (in der Fig. 4. Taf. XIII. von den sichtbaren die drei unteren bei a.), deren Zahl jedoch, wie aus der vorhergehenden Angabe folgt, um eins geringer ist, als die Zahl der Blätter, welche der Knoten trägt.

*) On Chara vulgaris; in Transactions of the Microscopical society of London. Vol. II. (1849).

Es ist dieser Vorgang jedoch nicht so zu verstehen, als ob das zuvor gestreckte, noch nackte Glied von seinen beiden begrenzenden Knoten aus nachträglich mit den Rindensegmenten bekleidet würde, sondern die Entstehung der Rinde beginnt stets in einem sehr frühen Entwickelungsstadium, unmittelbar nach Anlegung des Gliedes. Noch bevor dessen Streckung erfolgt ist, treten schon aus seinem oberen und unteren Knoten die ersten Zellen der Rindensegmente hervor und greifen, das äusserst kurze Glied bedeckend, sogleich mit ihren Enden kammartig ineinander. Es erscheinen daher die Glieder schon von ihrer frühesten Jugend an berindet, und mit der späteren Streckung und Ausdehnung des jungen, berindeten Gliedes hält dann die Ausbildung seiner Rinde, d. h. die Zelltheilung in den primären Zellen der einzelnen Rindensegmente (a. d. in Fig. 4. Taf. XIII.) und die darauf folgende Streckung bestimmter Zellen der Rinde, gleichen Schritt.

In ähnlicher Weise geht auch die Berindung der Blattglieder von den beiden das Blattglied begrenzenden Knoten aus und die Berindung eines jeden Gliedes gehört daher bei Zweigen und Blättern (XIII. 1.) ihrer Entstehung nach beiden das Glied begrenzenden Knoten, zur Hälfte dem oberen, zur Hälfte dem unteren, an. Nur das unterste Glied eines jeden Seitenzweiges und eines jeden Blattes (XIII. 1. u. u.; X. 1. u.) macht hiervon eine hier besonders hervorzuhebende Ausnahme, indem dessen vollständige Berindung, wenn sie überhaupt vorhanden ist, ausschliesslich von seinem oberen Knoten ausgeht.

Hiernach wird es leicht sein, sich eine richtige Vorstellung von der Beschaffenheit der Spitze eines normalen, fortwachsenden, oder beginnenden Charensprosses zu machen.

Wesentlich ist nur, dass der Spross mit einem deutlich über die jüngsten Blattanlagen sich erhebenden, von einer einzigen Zelle gebildeten Vegetationskegel — der mehrfach erwähnten Vegetationszelle — enden muss.

Bei beginnenden Sprossen in den Achseln der Blätter besteht der ganze Sprossanfang nachweisslich nur aus dieser einen Vegetationszelle, zu welcher eine sich erhebende Zelle des Knotens in der Achsel oder am Grunde eines Blattes geworden ist. Je nach dem vorgeschrittenen Entwickelungszustande des Sprosses finden sich dann unterhalb dieser Vegetationszelle eine geringere oder grössere Anzahl angelegter Glieder und Knoten mit deren mehr

oder weniger entwickelten Blattanlagen vor (XIII. 4. g.; 6. v. X. 1. c.; 6. 5. XIII. 4.).

Die bisher besprochenen Bildungsvorgänge der Charensprosse hat, wie ich bereits erwähnte, Alex. Braun in einer musterhaften Ausführung, welcher ich nach vielfach wiederholten eigenen Untersuchungen nichts Neues hinzuzufügen vermag, zuerst dargelegt. In Bezug auf alle specielleren, im Vorigen nicht berührten Verhältnisse muss ich daher auf die beiden schon genannten Aufsätze von Braun verweisen, glaube aber, dass der obige, nur ganz allgemein gehaltene Umriss mit Hülfe der beigegebenen Figuren wenigstens genügen wird, um die folgenden Beobachtungen, die sich zunächst auf Chara fragilis beziehen, verständlich zu machen.

II. An Exemplaren dieser Art, die an ihren Standorten unter natürlichen Verhältnissen gewachsen sind, findet man regelmässig aus jedem Blattwinkel nur einen einzigen Seitenzweig sich erheben, welcher, wie Braun gleichfalls nachwies, in der Achsel des ältesten Blattes steht. Dieser Zweig, welchen ich als den „normalen Seitenzweig“ bezeichnen will, unterscheidet sich in keiner Weise von seinem Mutterzweige. In Bezug auf seinen Bau und seine Entwickelung gilt Alles, was im Vorhergehenden überhaupt von der Entwickelung der Charensprosse ausgesagt worden ist. Dass die Berindung seines untersten Gliedes nur von seinem oberen Knoten ausgeht, ist bereits erwähnt und als für alle Seitenzweige gültig ausgesprochen worden. Schon der erste Blattquirl, den er trägt, ist in Rücksicht auf die Zahl und Ausbildung seiner Blätter vollständig normal. Sucht man ihn in seinen frühesten Knospenzuständen in der Achsel des ältesten Blattes junger Quirle an der Spitze wachsender Sprosse auf, so findet man eine volle Uebereinstimmung dieser Axillarknospen mit den Terminalknospen wachsender Sprosse (XIII. 4. g.).

So verhält es sich regelmässig an jungen, unter den natürlichen Verhältnissen wachsenden Pflanzen.

Werden aber die Pflanzen älter, namentlich wenn sie überwintern, oder unter besonderen, künstlich herbeigeführten Umständen, die ich später besprechen werde, auch an jüngeren Pflanzen, dann sieht man bei Chara fragilis aus demselben Knoten ausser jenem ersten, normalen Seitenzweige in der Achsel des ältesten Blattes noch mehrere und oft zahlreiche Zweige, und jetzt nicht mehr ausschliesslich in der Achsel des ältesten Blattes, sondern

auch aus den Achseln und am Grunde jüngerer Blätter des Quirles hervortreten.

Diese nachgeborenen Seitenzweige erscheinen aber mehr oder weniger abnorm verändert, und eine genaue Untersuchung zeigt, dass unter ihnen zweierlei Bildungen von morphologisch verschiedenem Werthe auftreten.

Ich werde die einen, die sich nur durch geringere Abweichungen, namentlich durch die mangelhafte Entwickelung der Rinde ihrer unteren Theile, von den normalen Zweigen unterscheiden, „nacktfüssige Zweige", die anderen dagegen, deren Bildungsgesetz, wie ich zeigen werde, von dem der Sprosse überhaupt abweicht, „Zweigvorkeime" nennen.

Sämmtliche Abweichungen der nacktfüssigen Zweige rühren von einer Verkümmerung der Knoten ihres untersten Stengelgliedes und Blattquirles, seltener noch der folgenden Glieder und Quirle her. — Diese macht sich an den Stengelknoten nur durch die erwähnte mangelhafte, oder abnorme Entwickelung, oder das gänzliche Fehlschlagen der Berindung geltend; bei den Blättern — wie meist bei denen des ersten Quirles — oft sogar durch die gänzliche Unterdrückung der Knoten überhaupt. Hin und wieder zeigt sich bei ihnen ausserdem ausnahmsweise auch noch eine relativ verschiedene Ausbildung der einzelnen Blätter der ersten Quirle in Bezug auf ihre Grösse und die Anzahl ihrer Glieder.

Die äusseren Erscheinungen, welche durch die völlige Unterdrückung oder die unvollkommene Ausbildung der Knoten an den erwachsenen, nacktfüssigen Zweigen hervorgerufen werden, sind so mannigfaltiger Art, dass die Aufzählung und Beschreibung aller beobachteten Fälle viel zu sehr ins Einzelne führen würde; denn die Ausbildung nächst benachbarter und übereinander stehender Knoten ist gegenseitig von einander ganz unabhängig; dies ruft aber die mannigfaltigsten Combinationen nackter und theilweise oder vollkommen berindeter Blätter in demselben Blattquirle und über gar nicht oder nur unvollkommen berindeten Stengelgliedern hervor, und an den einzelnen Blättern entstehen hierdurch oft die sonderbarsten Berindungserscheinungen, indem z. B. hin und wieder mitten in einem sonst völlig nackten Blatte ein halbes Glied von dem einen Knoten aus normal berindet erscheint (XIII. 2. o.), während nicht nur der andere das Glied begrenzende Knoten,

sondern alle übrigen Knoten dieses Blattes überhaupt gänzlich fehlen *).

Zur Versinnlichung des Gesagten mögen hier noch einige kurze Beschreibungen der gewöhnlichsten Fälle folgen.

Sehr häufig ist (X. 3. r., 4. r. r., 5.) das unterste Glied völlig nackt und trägt einen Quirl ebenfalls ganz nackter Blätter, deren Glieder ohne Zwischenknoten auf einander folgen. Hier unterblieb daher die Theilung der primären Gliederzellen gleichmässig in allen Blättern des Quirls.

Oder: (XIII. 2. 3.) das nackte unterste Glied trägt einen Blatt quirl, dessen einzelne Blätter sich unter einander verschieden verhalten, indem einige ganz oder theilweise berindet, andere dagegen völlig nackt sind.

Oder drittens: auf dem untersten Gliede, dessen Berindung eine unvollständige ist, oder sich in freie Rindenlappen aufgelöst zeigt (X. 2. r., XIII. 1.), steht ein Kreis normal oder ungleichartig berindeter Blätter. In den meisten Fällen zeigen dann von dem folgenden, zweiten Gliede an sämmtliche Theile die völlig normale Ausbildung berindeter Sprosse, oder weichen von diesen nur schon weniger ab.

Die zuletzt erwähnte, ursprüngliche Auflösung der Stengelrinde in freie Rindensegmente (XIII. 1. 2. 3.) ist eine bei den nacktfüssigen Zweigen überaus häufig eintretende Erscheinung. Sie darf nicht mit dem späteren Zerfallen einer vorher völlig zusammenhängenden Rinde in die einzelnen, constituirenden Elemente verwechselt werden. Dieses von anderen Beobachtern, so auch von Karl Müller **) an cultivirten Charen längst beobachtete Phaenomen wird an alten, normal berindeten Charensprossen später gleichfalls häufig wahrgenommen und beruht auf einer nachträglichen, ungleichmässigen Ausdehnung und Streckung des von der Rinde bekleideten Schlauches und der einzelnen Theile der bekleidenden Rinde, wodurch diese sich natürlich sowohl vom Schlauche loslösen, als auch in die ungleichartig wachsenden Theile trennen muss. Die ursprüngliche Auflösung der Rinde in die

*) Da die Knoten, wie bereits früher mitgetheilt wurde, ursprünglich durch die Theilung der primären Gliederzellen in eine Internodial- und eine Knoten-Zelle angelegt werden, so geht aus dem im Text angeführten Beispiel hervor, dass auch die spätere Theilung der primären Gliederzellen von einander ganz unabhängig erfolgt.

**) Bot. Zeit. von Mohl und Schlecht. 1845, S. 430.

freien Rindensegmente, von der hier die Rede ist, wird dagegen durch die gleich bei der Bildung der Rinde unterbliebene Zusammenschliessung der Rindensegmente hervorgerufen und tritt nur an den untersten Gliedern von Seitenzweigen auf.

DieRindensegmente entstehen nämlich in solchem Falle in ganz regelmässiger Weise am Grunde der einzelnen Blätter des über dem nackten Stengelglied befindlichen Knotens, allein sie legen sich nur unvollständig (X. 2.) oder gar nicht (rs. rs.... in XIII. 1. 2. 3.) an das Glied, welches sie bekleiden sollen, an, sondern erwachsen, indem sie eine von dem Gliede abgewendete Richtung verfolgen, zu isolirten und völlig freien Rindensegmenten, die eine sehr verschiedene Länge erreichen können.

Wenn man sich erinnert, dass die untersten Glieder der Seitenzweige überhaupt, auch die der normal berindeten, ihre Berindung nur von dem oberen Knoten aus erhalten, so wird die freie Ausbildung dieser absteigenden Rindensegmente, die in ihrer Lage und Wachsthumsrichtung nicht von ihnen entgegenkommenden, aufsteigenden Rindensegmenten festgehalten werden, weniger auffallend erscheinen.

Die Bildung dieser freien Rindensegmente und die Erscheinungen abnormer Ausbildung der Rinde an den unteren Theilen nacktfüssiger Zweige überhaupt sind sehr geeignet, über den Vorgang der Berindung bei den Charen völlig aufzuklären, und die Ergebnisse ihrer Untersuchung bestätigen vollkommen die aus dem Verfolge der Entwickelung normaler Berindung von Alex. Braun*) gezogenen Schlüsse.

Wie aus diesen Andeutungen über die Ursachen der Abnormitäten nacktfüssiger Zweige hervorgeht, erscheinen diese nur als unwesentlich modificirte Sprosse. Denn die erlittenen Abänderungen können ihren Werth als wahre Sprosse nicht beeinträchtigen, da sie in der Entwickelung ihrer morphologischen Gliederungen aus der Vegetationszelle das normale, für alle Charen-Sprosse gültige Wachsthumsgesetz befolgen.

Sucht man ihre Anfänge dort, wo nacktfüssige Zweige sich bilden, auf, so findet man die Knospen, aus denen sie entstehen, mit alleiniger Ausnahme der auf die Berindung bezüglichen Theile, in allen Entwickelungsstadien den Axillarknospen für die normalen

*) Ueber die in den Rindensegmenten eintretenden Bildungsvorgänge sehe man das Nähere in den angeführten Aufsätzen von A. Braun an den betreffenden Stellen (Seite 36—38 und 41—45 des Separatabdruckes) nach.

berindeten Seitenzweige und den Terminalknospen wachsender Zweige völlig gleichartig gebaut; namentlich sieht man sie immer mit einer Vegetationszelle endigen, die sich deutlich über die jüngsten Blattanlagen erhebt und die von dem ersten Hervortreten der Seitenzweige aus dem Stammknoten an in keinem Stadium der Entwickelung vermisst wird (X. 1. c.; XIII. 6. v.)

III. Durchaus anders verhalten sich dagegen jene Bildungen, welche ich Zweigvorkeime genannt habe und die unter besonderen Umständen neben den normalen und nacktfüssigen Zweigen an den Knoten älterer Pflanzen hervortreten.

Sie gehen zwar an ihren höheren Theilen gleichfalls, wenigstens scheinbar, in normale Charen-Zweige über, allein ihre unteren Theile zeigen, auch wenn man zunächst von der Entwickelung absieht, schon im Bau der Glieder und Knoten eine durchaus fremdartige, abnorme Beschaffenheit.

Während jeder wahre Seitenzweig der Chara fragilis mit einem deutlichen Gliede beginnt, welches durch die die Glieder der Charen kennzeichnenden Chlorophyllreihen seine grüne Farbe erhält und sogleich über sich den ersten mit Blättern versehenen Knoten trägt (X. 2. r.; 3. r.; 4. r. r.), beginnen die Zweigvorkeime (pt. in X. 2. 3.; IX. 5. 6. 7.) mit einem farblosen, kürzeren oder längeren Gliede (in sämmtlichen Figuren der Vorkeime gleichmässig mit i bezeichnet), auf welches zunächst nur ein höchst mangelhaft ausgebildeter und stets blattloser Knoten (durchgehends mit d bezeichnet) folgt, der auch ganz fehlen oder durch eine gliedartig verlängerte Zelle ersetzt sein kann. — Hierauf folgt dann ein mehr oder weniger gestrecktes, noch nacktes Glied, welches seiner äusseren Erscheinung nach schon den Stengelgliedern der Charen mehr gleicht (durchgehends mit q bezeichnet), und erst dieses Glied trägt nun scheinbar den ersten Blattkreis (bei g. oder v. der betreffenden Figuren). — Aber auch dieser fällt noch durch eine ungleichartige Entwickelung der Theile auf, die niemals an einem wahren Sprosse wahrgenommen wird. Unter seinen ihm scheinbar zugehörigen Blättern zeichnet sich nämlich ein einziges (durchgehends mit pt. bezeichnet) vor allen übrigen durch eine ganz unverhältnissmässige Entwickelung aus, die alle etwa hier und da bei normalen Blattquirlen vorkommenden Ungleichheiten zwischen den Blättern eines Quirles weitaus übertrifft. — Erst von hier an wird der Zweig völlig normal (XI. Fig. 13. u. 14.), das heisst seine folgenden Glieder, Knoten und Blätter verhalten sich ge-

nau wie die ersten Glieder, Knoten und Blätter der gewöhnlichen, nacktfüssigen oder berindeten Seitenzweige, so dass es offenbar den Anschein gewinnt, als ob der eigentliche Zweig erst als Seitenzweig in der Achsel des erwähnten, übermässig entwickelten Blattes (pt.) des ersten Blattquirls seinen Ursprung nimmt.

Diese Ansicht findet nun ihre volle Bestätigung in der Entwickelungsgeschichte und diese liefert zugleich einen unerwarteten Aufschluss über die Bedeutung jenes übermässig entwickelten Scheinblattes.

An Jugendzuständen dieser zweigartigen Gebilde (XI. 7. 8. XII. 2.) sieht man nämlich zunächst, dass jenes übermässig entwickelte Blatt (ab) in seiner Entwickelung allen übrigen Theilen des scheinbar zu ihm gehörigen Quirles so bedeutend voraneilt, wie dies niemals bei einem Blatte eines normalen Quirles der Fall ist.

Eine genauere Untersuchung lehrt dann, dass dasselbe gar nicht aus dem unter ihm befindlichen, zwei- bis dreizelligen Knoten hervorgetreten sein kann, wie dies doch hätte der Fall sein müssen, wenn man dasselbe, wie bisher geschah, als das erste in der Entwickelung voraneilende Blatt des diesem Knoten angehörigen Quirles betrachten wollte. Denn über diesem Knoten, etwa neben dem Grunde jenes 3 bis 5 zelligen Endgebildes, welches ich bisher als Blatt ansprach, befindet sich auf dieser Entwickelungsstufe noch gar keine Vegetationszelle, aus welcher der Knoten seiner Entstehung nach abzuleiten wäre; es würde also dieser Zweig, wenn wir seine Spitze am Knoten neben dem Grunde jenes 3—5 zelligen Endgebildes suchen, scheinbar ohne Vegetationszelle enden.

Dieser auffallende Widerspruch wird aber durch die Untersuchung noch jüngerer Zustände vollständig gelöst; denn diese lehren mit Entschiedenheit, dass das Entstehungsverhältniss zwischen dem wenig-zelligen Knoten (v) und dem darüber befindlichen 3- bis 5 zelligen Endgebilde (ab) nicht das vorausgesetzte, sondern das umgekehrte ist, dass nämlich nicht jenes scheinbare Blatt aus dem Knoten hervorwächst, sondern dass dieser erst nachträglich unter dem bereits angelegten und in der Entwickelung begriffenen, blattähnlichen Gebilde entsteht. —

Es wird daher klar, dass jenes Endgebilde kein Blatt, sondern selbst die Spitze eines, ein besonderes, sehr einfaches Wachsthumsgesetz befolgenden Gebildes ist. Dieses bezeichne ich als „Zweigvorkeim“, weil, wie ich bald zeigen werde, die normale erste Knospe für den eigentlichen Zweig sich erst später an einer

bestimmten Stelle dieses Vorkeimes bildet, und weil dieser endlich vollkommen den Vorkeimen gleicht, welche, wie aus der folgenden Darstellung ersichtlich sein wird, bei der Keimung der Charensporen entstehen, und an welchen gleichfalls die ersten beblätterten Zweige der Charen aus später gebildeten Seitenknospen hervorgehen.

Die Entstehung dieser Zweigvorkeime von der ersten Zelle an, mit welcher sie aus dem Knoten der Stammpflanze hervortreten, befolgt nun, wenn wir zunächst von unwesentlicheren, später noch besonders zu besprechenden Abweichungen absehen, folgenden Gang.

Eine Zelle des Knotens der alten Pflanze erhebt sich und wächst zu einem kürzeren, farblosen Schlauche aus, welcher sehr bald seine Spitze durch eine gegen die Längsaxe senkrechte Wand als eine besondere Zelle abgliedert (XI. 1.)*)

Durch mehrere ihrer Zahl nach unbestimmte Theilungen, welche sich in derselben Richtung in der Enzelle wiederholen, wird diese in jene drei- bis sechszellige Zellreihe verwandelt, welche später das unverhältnissmässig entwickelte Scheinblatt des ersten Quirles darstellt (in den Fig. 2—7. Taf. XI. und 1—7. Taf. XII. die Zellreihe von a bis zur Spitze b, in den anderen Figuren das mit pt. bezeichnete Endgebilde) und welches ich von nun an immer als „mehrzelliges Vorkeimende“ oder „Vorkeimspitze“ bezeichnen werde.

Inzwischen beginnt schon früh unterhalb dieser angelegten Vorkeimspitze der Schlauch etwas anzuschwellen und das erweiterte Stück schliesst sich von dem darunter befindlichen cylindrischen Theile (XI. 3. u. 4. bei d.) als eine besondere Zelle, welche zum „Knospengrunde“ des Vorkeimes wird, ab.

*) Durch die Bildung dieser Wand unterscheidet sich der beginnende Vorkeim sofort von einer entstehenden Wurzel, mit welcher er vielleicht wegen Fehlen der Chlorophyllkörner bei ungenauer Untersuchung verwechselt werden könnte. Es sei deshalb hier noch daran erinnert, dass die Theilungen in den Wurzelspitzen, welche die Bildung eines Wurzelgelenkes einleiten, erstens immer viel später, nachdem die Wurzel bereits eine bedeutende Länge erreicht hat, stattfinden, und dass ferner die erste Wand (XIII. 8. ab), welche die Wurzelspitze von dem hinter ihr zum Gelenke anschwellenden Theile trennt, jedesmal die bekannte characteristische, schiefe Lage besitzt. Wie denn überhaupt die darauf folgenden Theilungen im Wurzelgelenke (XIII. 8. 9. 10.) und dessen zu Wurzeln auswachsende Zellen in ihrer ganzen Erscheinung, sowie die Beschaffenheit der Spitze einer gesunden Wurzel (XIII. 7.) schon von vornherein jede Verwechselung für einen genaueren Beobachter unmöglich machen.

Innerhalb dieser Zelle entstehen nun zwei neue, den früheren Wänden nicht mehr parallele Scheidewände, welche oben und unten zwei ungleiche Stücke des Knospengrundes abschneiden; die obere, wie es scheint früher, als die untere. Hierdurch wird der Knospengrund in drei schon ursprünglich ungleiche Zellen getheilt (XI. 5. 6.), von denen, wie ich hier gleich bemerken will, die mittlere (durchgehends mit q bezeichnet) die grösste ist und sich nicht mehr theilt, sondern nur zu einer längeren schlauchartigen Zelle allmälig heranwächst. Die oberste dagegen, die uns hier zunächst beschäftigen soll (in Fig. 5. u. 6. Taf. XI. und ferner überall gleichmässig mit v bezeichnet), nimmt den Character einer Vegetationszelle der Charen an und bildet in der gewöhnlichen im Eingange Seite 296. geschilderten Weise eine Knospe, welche seitlich aus dem Vorkeime hervortritt (XI. 11. v.) und unter Erscheinungen, die ein genaueres Eingehen erfordern, zu dem ersten, sich nach oben richtenden, beblätterten Zweige auswächst.

Aehnlich wie bei der Astbildung der Conferven bildet sie durch ein einseitiges Wachsthum ihrer Seitenfläche an der einen Seite des Vorkeimes, welche ich als dessen vordere bezeichnen will, eine kleine, bauchartige Auftreibung (XI. 6. 11.), die also von oben gesehen (XI. 12. bei M.) vor der Basis der Vorkeimspitze hervortritt.

Sie nimmt hierbei zugleich eine allmälig steigende und bald deutlich nach oben gewendete Wachsthumsrichtung an (XI. 6. 11.). Hierdurch wird nicht nur die darüber befindliche Vorkeimspitze aus ihrer ursprünglich terminalen Stellung etwas seitlich gerückt, sondern es erhält zugleich die Basalwand dieser Zelle selbst (XI. 6. und folgende Figuren) eine noch mehr von hinten nach vorn gerichtete Neigung.

Inzwischen theilt sich diese Vegetationszelle aber in der normalen Weise der Vegetationszellen der Charensprosse (zur Bildung der primären Gliederzellen) durch Scheidewände, die senkrecht auf ihrer Wachsthumsrichtung stehen. Wie demnach ihre Wachsthumsrichtung selbst von einer horizontalen allmälig zu einer senkrechten ansteigt, so nehmen dem entsprechend auch die in aufeinander folgender Reihe entstehenden Scheidewände, durch welche die primären Gliederzellen angelegt werden, eine immer geneigtere Lage an.

Schon die erste Scheidewand (in XI. Fig. 11. mit 1 bezeichnet), durch welche die Vegetationszelle in die erste, hintere, primäre Gliedzelle und eine vordere, neue Vegetationszelle getheilt

wird, ist nicht immer ganz senkrecht, entsprechend der häufig gleich vom Beginn sich nach oben wendenden Wachsthumsrichtung der seitlich hervortretenden Vegetationszelle; die zweite und dritte Scheidewand zeigen schon eine immer geneigtere Lage (in XI. Fig. 11. mit 2 und 3 bezeichnet); die vierte endlich (XII. 7.) hat gewöhnlich bereits eine völlig horizontale Lage angenommen.

Die ersten drei primären Gliederzellen (I. II. III. Fig. 11. Taf. XI.) liegen aber, wie man sieht, noch fast vollständig oder doch zum grössten Theile unterhalb der Vorkeimspitze und ihre hierdurch offenbar beeinträchtigte Ausbildung macht sich durch eine von dem gewöhnlichen Gange etwas abweichende Entwickelung geltend.

Sie werden nämlich unmittelbar — ohne vorherige Scheidung in secundäre Glied- und Knotenzelle — in unvollkommene Knoten umgebildet, die ich „Uebergangsknoten“ nennen will und deren peripherische Zellen ebenfalls nur zu unvollkommenen Blättchen auswachsen können.

Die genauere Darstellung, wie dies geschieht, welche eine volle Einsicht in die Natur und die Verschiedenheiten der kleinen mit dem Scheinblatte zu einem Kreise um die erste Knospe zusammentretenden Blättchen (in XII. Fig. 1. fortlaufend mit I—VI. bezeichnet) gewährt, erfordert jedoch noch eine weitere Orientirung über die Lage der ersten Scheidewände; nicht blos wie bisher bezüglich ihrer Neigung gegen den Horizont — den Vorkeim immer senkrecht und aufrecht gedacht —, sondern auch zum Hauptschnitte des Vorkeimes.

Es sei Figur 12. Tafel XI. eine schematische Darstellung eines von oben gesehenen Vorkeimes nach Entfernung der Vorkeimspitze, deren Basis oder Ansatzstelle durch den Kreis ad. angezeigt sein soll, während der Kreis FM dem Umfange der vorn vor der Basis der Vorkeimspitze vortretenden Vegetationszelle des Knospengrundes entspricht. Den Längsschnitt senkrecht auf die Basis und durch die Mittellinie (Verbindungslinie der Mitte von vorn und hinten) geführt, will ich den Hauptschnitt nennen.

Der Hauptschnitt des Vorkeims geht durch die Linie ad. Der schematisch in Fig. 11. Taf. XI. dargestellte Hauptschnitt des aus der vorwachsenden Vegetationszelle des Knospengrundes entstehenden Zweiges dagegen, wie man sehr bald aus der Lage der Knospe zur Vorkeimspitze erkennt, durch die Linie FM., d. h. also der entstehende Zweig ist um einen Winkel, welcher, wie es scheint, der

halben Divergenz zweier Blätter des Blattkreises gleicht, also bei 6-blättrigen Wirteln 30° beträgt, gegen den Vorkeim gedreht.

Hierdurch giebt sich schon — was hier beiläufig bemerkt sein mag — die Beziehung des ersten Zweiges zum Vorkeim, als eines Seitenzweiges, zu erkennen. Die erste Scheidewand in der Vegetationszelle (1 in Fig. 11. Taf. XI.), deren Neigung gegen den Horizont bereits hervorgehoben wurde, trifft die Decke der Vegetationszelle in einer Linie (bg. Fig. 12. Taf. XI.), senkrecht zum Hauptschnitt (FM.) des entstehenden Zweiges, aber nicht senkrecht zum Hauptschnitt (ad.) des Vorkeims. Durch diese Lage der Scheidewand, welche auch die folgenden Scheidewände (hk = 2; lm = 3 in Fig. 11. derselben Tafel) einhalten, wird aber ein für die Entwickelung der sich bildenden Blättchen wichtiger Umstand hervorgerufen.

Wie schon bemerkt, werden die drei ersten durch die Scheidewände gebildeten primären Gliederzellen (I. II. III. Fig. 11. Taf. XI.) unmittelbar in unvollkommene Knoten (Uebergangsknoten) umgewandelt. Dies geschieht durch aufeinanderfolgende Entstehung excentrischer Scheidewände, welche nacheinander peripherische Stücke der Zelle abschneiden (so für den ersten Uebergangsknoten durch eq, vw; bx in Fig. 12. Taf. XI.).

Die so entstehenden, peripherischen Zellen (III. O. VI.) des ersten Uebergangsknotens, welche später zu Blättchen hervortreten können, haben eine zur Basis der Vorkeimspitze sehr verschiedene Lage. Die Zelle O ist ganz unter ihr verborgen und entwickelt sich auch niemals zu einem Blättchen. Die Zellen III. und VI. dagegen werden nur zum Theil von der Vorkeimspitze gedeckt, zum Theil liegen sie schon frei. Wie weit sie frei hervortreten, hängt ganz von der Lage der Scheidewand bg ab. Da diese aber, wie vorhin erwähnt, zum Hauptschnitt des Vorkeims (ad) nicht senkrecht ist, so muss jedenfalls die Zelle III. immer freier liegen als die Zelle VI., welche letztere hin und wieder, wenn die Scheidewand bg etwas nach hinten zurücktritt, sogar völlig von der Vorkeimspitze gedeckt sein kann. Hiermit hängt aber die Entwickelung dieser Zellen zu Blättchen zusammen. Wir sehen daher die Zelle III. sich nicht nur immer früher, sondern ohne Ausnahme auch kräftiger entwickeln als die Zelle VI., und das Blättchen, welches aus der Zelle III. hervortritt, gehört nicht nur mit zu den frühesten, sondern auch zu den grössten des

Knospengrund-Quirles, während das Blättchen der Zelle VI. oft ganz fehlt, immer aber das letzte und kleinste des Quirles ist.

Der zweite unvollkommene Knoten bhkg (= II. in Fig. 11. derselben Tafel) welcher durch die Scheidewand hk angelegt wird, tritt an seinen Seiten schon mehr vor der Vorkeimspitze hervor, und seine zwei peripherischen Zellen (I. und II.) wachsen auch dem entsprechend sofort zu Blättchen aus; sie sind normal die ersten und grössten des Quirles am Knospengrund.

Der dritte unvollkommene Knoten wird durch die Scheidewand lm angelegt; da diese schon fast horizontal liegt (man vergleiche die mit 3 bezeichnete Wand in Fig. 11. derselben Tafel) und über sich die jetzt schon beinahe senkrechte Vegetationszelle trägt, so reicht dieser letzte Uebergangsknoten von hk in der Figur 12. nicht nur bis lm, sondern erstreckt sich unterhalb dieser sehr schrägen Scheidewand bis ganz vorn nach M und seine beiden Zellen IV. und V., in welche er sich dann theilt, entwickeln sich sogleich nach ihrer Anlage, indem sie an ihrer vorderen Fläche auswachsen, zu Blättchen, welche ganz vorn am Knospengrunde hervortreten.

Auf diese Weise kommt, wie es in aufeinanderfolgender Weise die Figuren 2—7., Taf. XII. darstellen, deren besondere Erklärung übrigens hier, wie auch bei den übrigen Figuren, noch zu vergleichen ist, die sich erhebende Vegetationsspitze, die allmälig eine senkrechte Stellung angenommen hat, in die Mitte eines Kreises von blattartigen Organen zu stehen, welche aber, obgleich sie zu einem Quirle zusammentreten, weder demselben Knoten angehören, noch eine gleichartige Ausbildung erhalten, und von denen endlich das eine überhaupt einen ganz andern Werth hat, als ihn die übrigen besitzen. Der Quirl (XII. 1.) besteht nämlich ganz hinten aus der Vorkeimspitze (pt, von a bis b reichend), neben welcher rechts und links die beiden dem ersten Uebergangsknoten angehörigen Blättchen III. und VI. stehen, vor diesen stehen dann die Blättchen I. und II. dem zweiten und ganz vorn endlich die Blättchen IV. und V. dem dritten Uebergangsknoten angehörig. Dieser ist zugleich der letzte unvollkommene Knoten, denn von nun an verhält sich die jetzt schon senkrechte Vegetationszelle bei der Anlage ihrer ferneren primären Glieder und deren weiterer Entwickelung in der ganz normalen, schon früher angegebenen Weise (XII. 7. 8.).

Die Reihenfolge nun (XI. 12. I—VI.), in welcher die kleinen Blättchen (XII. 1. I—VI.) dieses Quirles am Knospengrunde her-

vortreten, abhängig, wie wir sahen, einerseits von der Aufeinanderfolge in der Bildung der Uebergangsknoten, anderseits von der Lage der ersten Scheidewände zum Hauptschnitt des Vorkeims, bestimmt zugleich den Grad der Ausbildung, welchen die Blättchen schliesslich erreichen. Hier tritt daher der bei den normalen Quirlen der Pflanze Seite 297 erwähnte Fall, dass die spätere Entwickelung die ursprünglichen Altersunterschiede ausgleicht, nicht ein, sondern man findet auch die ausgewachsenen Blättchen (XII. 1.) in Grösse und Ausbildung untereinander ungleich, indem jedes früher hervorgetretene bleibend grösser ist, als das später hervortretende.

Dies kann nur weniger auffallen, denn die Blättchen dieses Quirles gehören ja nicht demselben, sondern drei verschiedenen Knoten an, und die Unterschiede, welche unter je zweien einem Knoten angehörigen Blättchen selbst wieder hervortreten, finden ihre Erklärung in der Lage dieser Blättchen zur Vorkeimspitze.

Ich habe in allen Figuren, die diesen Quirl noch während seiner Entwickelung (XII. 5 bis 8.) oder nach seiner vollendeten Ausbildung (XII. 1.) darstellen, die Entwickelungsreihe der Blättchen, entsprechend den Zellen in der Figur 12. Tafel XI., aus denen sie hervortreten, mit den Ziffern I., II. u. s. w. bis VI. bezeichnet. Die Grösse, welche die Blättchen schliesslich erreichen, wird daher auch immer entsprechend ihrer Stellung im Grundriss Figur 12. Tafel XI. von I. bis VI. abnehmen.

Hiervon kommt jedoch eine leicht erklärliche Ausnahme vor. Es wächst nämlich hin und wieder die Zelle III. fast gleichzeitig oder sogar etwas früher als die Zelle II. zu einem Blättchen aus; in diesem seltener eintretenden Falle wird dann das Blättchen, welches ich bisher, nach der häufigeren Aufeinanderfolge mich richtend, mit III. bezeichnet habe, sowohl der Zeit des Hervortretens als auch der Grösse nach zum zweiten des Quirles. —

Gleichzeitig nun mit den bisher beschriebenen Entwickelungs-Erscheinungen in der oberen Zelle (v. Fig. 6. Taf. XI.) des Knospengrundes bilden sich aber auch die unteren Zellen (q und d) desselben weiter aus.

Es ist bereits erwähnt, dass die mittlere Zelle (q) sich nicht theilt, sondern nur zu einer längeren schlauchartigen Zelle auswächst; diese habe ich in allen Figuren des Vorkeimes gleichmässig mit q bezeichnet, so z. B. in Fig. 2 bis 7. Taf. XII., in Fig. 6 und 13. Taf. XI. und in sämmtlichen Figuren der Taf. IX. Die unterste Zelle des Knospengrundes dagegen, welche gleichfalls durchgängig

mit d bezeichnet ist, wird ähnlich wie die oberste, nur in einfacherer Weise in einen scheinbaren Knoten umgewandelt.

Sie theilt sich nämlich (X. 7.) zuerst durch eine gegen den Horizont und den Hauptschnitt des Vorkeimes senkrechte Wand in zwei ungefähr gleiche Zellen, welche sich dann wiederum durch Wände, die der ersten Scheidewand nicht ganz parallel sind, in zwei neue Tochterzellen theilen. Durch weitere Theilungen, deren fernere Richtungen bei Chara fragilis nicht mehr sicher bestimmbar sind, entsteht ein Kreis kleinerer, peripherischer Zellen (XIII. 6.), aus welchen Wurzeln, jedoch niemals Blätter oder blattartige Gebilde hervortreten; dagegen können einzelne dieser peripherischen Zellen später noch zu Vegetationszellen werden und sich zu Seitenzweigen des Vorkeimes erheben (XIII. 6, v.; — IX. 5, r.). Der Zweigvorkeim trägt daher nicht blos jenen ersten Haupt-Seitenzweig, dessen Entwickelung ich in Obigem ausführlicher geschildert habe, sondern oft auch auf seinem unteren Knoten, welchen ich den Wurzelknoten nennen werde, einen oder mehrere kleinere und spätere Nebenzweige. Diese unterscheiden sich jedoch von jenem ersten Haupt-Seitenzweige noch dadurch, dass ihnen an ihrer Ursprungsstelle am Vorkeim jene unvollkommenen Blättchen fehlen, welche der Haupt-Seitenzweig besitzt, sie sind überdies, soweit meine Beobachtungen reichen, immer nacktfüssige Zweige (XIII. 6.; IX. 5, r.).

Wenn ich nun schliesslich hinzufüge, dass am Grunde der Vorkeimspitze, neben dem ersten meist nacktfüssigem, oft aber auch normal berindetem (XI. 14, x.) Haupt-Seitenzweige später noch andere Seitenzweige entstehen können (XI. 13, c.), die, wie es scheint, immer nacktfüssige Zweige sind, so glaube ich hiermit die Beschreibung der normalen und wesentlichen, morphologischen Erscheinungen der Zweigvorkeime schliessen zu können. —

Allein ich habe bereits im Vorhergehenden beiläufig erwähnt, dass es Abweichungen von dem normalen Entwickelungsgange der Vorkeime giebt, und obgleich diese wie alle Monstrositäten sich leicht aus dem gesetzmässigen Entwickelungsgange herleiten lassen, so glaube ich doch wenigstens einige der interessanteren hier hervorheben zu müssen.

Sie beruhen zumeist auf einer unregelmässigen Ausbildung des Knospengrundes oder der Uebergangsknoten des Haupt-Seitenzweiges.

In letzterer Beziehung ist besonders zu erwähnen, dass nicht

immer alle peripherischen Zellen der drei Uebergangsknoten wirklich zu Blättern werden, indem häufig das Blättchen VI. (XI. 12., XII. 1.) sich gar nicht ausbildet; seltener fehlen (z. B. XII. 8.) auch die Blättchen IV. und V. Anderseits kommt es aber auch vor, dass noch ein Stück der Zelle o. in Fig. 12. Taf. XI. — die doch gewöhnlich ganz von der Vorkeimspitze gedeckt ist — zu einem hinter dem Blättchen VI. stehenden, noch kleineren Blättchen oder Blattrudimente auswächst. Die Zahl der Blättchen dieses Quirles ist daher durchaus nicht eine genau bestimmte, und dieser eine Umstand hätte schon auf die von den andern Quirlen der Pflanze abweichende Natur dieses Quirles hinweisen können.

Wesentlicher als hierdurch wird jedoch das Aussehen des Vorkeimes durch die Abänderungen beeinträchtigt, welche durch eine abweichende Entwickelung im Knospengrunde hervorgerufen werden. Unter diesen verdient besonders der Fall Erwähnung, dass gleich die erste, obere Scheidewand im Knospengrunde eine sehr schräge Lage erhalten kann (m. Fig. 10. Taf. XI.), wodurch die Bildung des Hauptzweiges und die senkrecht aufstrebende Wachsthumsrichtung der entstandenen ersten Vegetationszelle (v) offenbar bedeutend gefördert und zugleich ein Einfluss auf die Beschaffenheit der Basilarknoten dieses Zweiges und der aus ihnen hervortretenden Blättchen geübt wird.

In sehr seltenen Fällen schneidet diese Scheidewand das bauchartig vortretende Stück des Knospengrundes sogar so ab, dass es sogleich nach oben völlig frei zu liegen kommt, und wenn dann die mittlere Zelle (q. Fig. 10. Taf. XI.) noch über die Ansatzstelle der Vegetationszelle hinaus fortwächst, unterhalb der Vorkeimspitze aber der normale Vorgang sich wiederholt, so entsteht jene sonderbare, auf den ersten Blick schwer erklärliche Monstrosität, dass eine Knospe (k. Fig. 14. Taf. XI.) seitlich mitten auf einer schlauchartigen Zelle des Vorkeimes aufsitzt.

Andere nicht minder interessante Monstrositäten treten ein, wenn im Knospengrunde anstatt zweier Scheidewände, wie in Fig. 5. und 6. Taf. XI., nur eine einzige sich bildet; dann fehlt die mittlere schlauchartige Zelle (q) ganz, und der Wurzelknoten des Vorkeimes steht unmittelbar unter dem Haupt-Seitenzweige; oder die schlauchartige Zelle ist vorhanden und es fehlt der Wurzelknoten. Dieser letztere Fall und der wenigstens bei Chara fragilis höchst seltene, dass am Vorkeim gar keine Knospe auftritt, indem die Bildung des Knospengrundes ganz unterbleibt, lassen die be-

sondere, von der Beschaffenheit der Charen-Stengel abweichende Natur des Vorkeimes, als eines confervenartigen Gebildes, am offenbarsten in die Erscheinung treten.

Zuletzt noch ein Wort über die Länge der Glieder der Zweigvorkeime und die Lage ihrer Stromebenen.

Das unterste blasse Glied (i in sämmtlichen Figuren) ändert in den verschiedenen Varietäten der Chara fragilis ganz entsprechend der Internodien-Länge der Form ab; in den Formen mit kürzeren Internodien (XI. 13. 14.) ist es ebenfalls bedeutend kürzer, als in den Formen mit längeren Internodien (X. 2. 3.). Die Vorkeimspitze (pt) aber besteht immer aus wenigen (2 bis 6; meist 4) schlauchartig verlängerten und ohne Knoten aufeinander folgenden, von unten nach oben an Länge abnehmenden Zellen, deren oberste gewöhnlich ein abgerundetes, seltener ein etwas zugespitztes Ende besitzt; niemals zeigt sie aber jene bedeutende Zuspitzung und Verdickung der Membran der obersten Zelle, welche die Spitzen der Endzellen wahrer Blätter so characterisirt.

Die Stromrichtungen der Glieder des Vorkeimes endlich liegen nicht in einer Ebene, sie scheinen das von Al. Braun für die aufeinanderfolgenden Stengel-Internodien aufgefundene Gesetz zu befolgen; doch lässt sich, da die Indifferenzstreifen nur spärlich und erst spät, zumal nicht immer an allen Gliedern auftreten, nicht mit völliger Sicherheit hierüber bestimmen. Doch ist soviel wenigstens gewiss, dass auch in dieser Beziehung die Vorkeimspitze sich nicht wie ein Blatt des Quirles verhält, zu welchem sie scheinbar mit den Blättchen der Uebergangsknoten zusammentritt.

IV. Die volle Bedeutung der bisher beschriebenen Zweigvorkeime tritt aber erst durch die vergleichende Betrachtung der keimenden Pflanze hervor.

Die bedeutenden Abweichungen von dem normalen Bau, welchen die unteren Glieder und Knoten keimender Charen zeigen, erklären sich nämlich auf das Einfachste aus denselben Bildungsvorgängen, die ich an den Zweigvorkeimen kennen gelehrt habe und führen zu dem nothwendigen Schlusse, dass auch bei der Keimung zuerst ein selbstständiges, ein eigenthümliches Wachsthum befolgendes Organ, — ein Vorkeim gebildet wird, der in jeder Beziehung den Zweigvorkeimen gleicht und aus dessen blattlosen Knoten später, wie dort, die beblätterten Zweige der Charen hervortreiben.

Schon die vorhandenen Abbildungen, welche die äussere Er-

scheinung der keimenden Pflänzchen genau wiedergeben, genügen dieses festzustellen.

Man vergleiche nur die älteren, aber getreuen Abbildungen von Vaucher*), Kaulfuss*) und Bischoff*) und selbst die sonst in jeder Beziehung ungenügenden Figuren von C. H. Schultz**) und Karl Müller***), sowie die neuesten Zeichnungen von Varley*) mit meiner obigen Darstellung der Zweigvorkeime und ihrer Entwickelung und man wird die überall wiedergegebene, voreilende und ergrünende Spitze des Keimlings, welche von den älteren Beobachtern für die Spitze der fortwachsenden Pflanze, von den neueren Beobachtern für das unverhältnissmässig entwickelte Blatt des ersten Quirles gehalten worden ist, jetzt sogleich als das Ende eines den Zweigvorkeimen gleichwerthigen, conferveuartigen Vorkeimes erkennen.

Hat man sich erst hiervon überzeugt, so wird man leicht auch über die anderen Theile des Keimlings in's Klare kommen. Er beginnt (IX. Fig. 1 — 4.), — abgesehen von einem später unmittelbar an der Sporen-Oeffnung auftretendem, kleineren Wurzelknoten, dem Samenknoten, dessen Bildung unbestimmt scheint — wie die Zweigvorkeime, mit einem farblosen Gliede (i); dann folgt ein stets blattloser Wurzelknoten (d), aus dessen peripherischen Zellen, wie bei den Zweigvorkeimen, später noch Knospen und Seitenzweige hervortreten können. Ueber diesem steht die erste grüne, schlauchartig verlängerte Zelle (q), welche, wie bei den Zweigvorkeimen, unmittelbar über sich den ersten Schein-Quirl (g) trägt.

Dieser wird — wieder wie bei den Zweigvorkeimen — von der Vorkeimspitze selbst und von den mit ihr in einen Kreis zusammentretenden, rudimentär entwickelten Blättchen gebildet, welche den Basilarknoten — Uebergangsknoten — des ersten wahren, seitlich hervortretenden Charenzweiges angehören.

Der Vorkeim der keimenden Pflanze reicht daher immer von der Spore bis zum ersten Blattquirl und setzt sich hier in das bereits mehrfach erwähnte, über die anderen Blättchen weit hinausragende, mehrzellige Endgebilde (pt) fort.†)

*) An den angeführten Orten.

**) Die Natur der lebendigen Pflanze. Zweiter Theil. Taf. III.

***) Botan. Zeitung von Mohl und Schlecht. 1845. Taf. III.

†) Ist die bisher sogenannte Hauptwurzel der Charen — wie mir meine ältesten Zeichnungen der Keimung von Nitella syncarpa (aus dem Jahre 1852) andeuten — eine untere Fortsetzung des Vorkeimes, oder eine Seitenwurzel des-

Dieser Auffassung entsprechen alsdann auch alle übrigen an diesem ersten Blattquirl auftretenden Erscheinungen.

Die Anzahl der rudimentären und unter sich überdies noch ungleichartig entwickelten Blättchen (bei g. Fig. 1—4. Taf. IX.) entspricht auch hier nicht immer der Anzahl der Blätter eines normalen Quirles. Wenn dies aber, wie häufig, der Fall ist, dann muss das Vorkeimende auch schon hierdurch sich als überzählig und nicht zugehörig erweisen.

Ebenso erweckt auch hier die Entwickelungsfolge der Zellen des Vorkeimes, die gewöhnliche Form seiner Endzelle und die relative Lage der Stromebenen in seinen aufeinanderfolgenden Zellen die Vermuthung, dass seine Spitze kein Blatt sein kann.

Die auffallende Thatsache endlich, dass die ersten Knoten der keimenden Chara zugleich die einzigen sind, welche regelmässig und normal eine grössere Anzahl von nacktfüssigen Seitenzweigen hervorbringen, während doch — man vergl. Seite 299. — alle übrigen Knoten der Pflanze unter normalen Verhältnissen regelmässig nur einen einzigen berindeten Achselzweig tragen, findet gleichfalls ihre volle Erklärung in dem ähnlichen Verhalten der Zweigvorkeime und dem Umstande, dass jenem untersten Stücke des Keimlings ein von den beblätterten Stengeln abweichender, mit den Zweigvorkeimen übereinstimmender morphologischer Werth zukommt.

Dies Alles führt zu dem Schluss, dass bei den Charen, wie von keiner Hauptwurzel, so auch von keinem Hauptstamme die Rede sein kann, sondern, dass ihre beblätterten Zweige sämmtlich aus Seitenknospen entstehen; die ersten am Vorkeim, die späteren in den Blattachseln älterer Zweige und an den Zweigvorkeimen.

Ich habe augenblicklich keine Gelegenheit, keimende Charen zu untersuchen. Der Schilderung der Vorkeime der Chara fragilis, die ich hier gegeben habe, liegen Beschreibungen und Zeichnungen zu Grunde, die aus einer Zeit herrühren — sie stammen alle aus den Jahren 1853 und 1854 — in welcher mir die Bedeutung der ersten Glieder der keimenden Pflanze noch fern lag, und welche

selben? Diese Frage kann ich augenblicklich nicht entscheiden und muss neuere Beobachtungen von Keimlingen abwarten. In ihrer Beantwortung liegt vielleicht die Erklärung der von Alex. Braun (a. a. O. 1ste Abhandlung S. 49) hervorgehobenen Abweichung der Stromebene in dieser Hauptwurzel von der normalen, in den Wurzeln herrschenden Richtung.



ich erst jetzt nach meinen Untersuchungen über die Zweigvorkeime der Chara fragilis zu deuten weiss.

Es ist natürlich, dass meine damaligen Zeichnungen und Beschreibungen über Verhältnisse, auf deren Werth ich erst später aufmerksam geworden bin, nicht immer mit der Bestimmtheit, die der neue Gesichtspunkt verlangt, Aufschluss geben können. Für die Chara fragilis ist dies glücklicher Weise dennoch der Fall gewesen.

Unter den anderen Arten aber, deren Keimung ich damals beobachtete, wage ich nach den mir gemachten Aufzeichnungen nur noch über die Vorkeime der Chara Baueri A. Br. (coronata Wallr.) etwas Näheres anzugeben.

Der Vorkeim dieser Art gleicht in seinen wesentlichen Theilen vollkommen dem Vorkeime der Chara fragilis. Geringere Abweichungen treten nur in der gewöhnlich stärkeren und früheren Entwickelung des Samenknotens auf, der hier öfters noch von einem kurzen Gliede — wie es scheint einer einfachen Verlängerung der Innenzelle der Spore — getragen wird und später ebenso, wie der Wurzelknoten Seitenzweige entwickeln kann.

Seine — wie bei Chara fragilis — wenigzellige, aber gekrönte Spitze tritt, wie dort, mit einer geringen Anzahl nicht vollständig entwickelter Blättchen in einen Kreis zusammen, welcher auch hier den ersten Blattwirtel der Pflanze zu bilden scheint. Die unvollkommene Entwickelung der Blättchen — welche offenbar dem ersten unter der Vorkeimspitze sich bildenden Seitenzweige angehören — tritt hier durch den Mangel der Nebenblätter, welche bei dieser Art an den Blättern höherer Quirle überall vorhanden sind, in die Erscheinung. Die Vorkeimspitze selbst aber unterscheidet sich wieder deutlich von jenen Blättchen durch ihre überwiegende Entwickelung, ferner durch die grössere Anzahl ihrer Glieder — da die Blättchen blos aus zwei Gliedern bestehen — und endlich sehr wesentlich durch den Mangel der Knoten, welche bei Chara Baueri schon bei diesen ersten Blättchen constant zwischen den beiden Gliedern vorhanden sind.

Von andern Arten, sowohl der Gattung Chara als auch der Gattung Nitella, kann es zwar nach der Beschaffenheit der unteren Theile der keimenden Pflanze keinem Zweifel unterliegen, dass sie gleichfalls einen Vorkeim bilden, der äusserlich sogleich an den blattlosen Knoten und den untersten farblosen Internodien kenntlich wird, allein meine früheren Aufzeichnungen hierüber genügen

nicht, um über die Anzahl der Glieder und die Beschaffenheit der Spitze ihrer Vorkeime bestimmte Angaben zu machen. Es werden diese sich jedoch jetzt leicht durch die wiederholte Beobachtung keimender Pflanzen vervollständigen und über andere Arten ausdehnen lassen.

Ein Versuch, diese Lücke für die Nitellen durch Beobachtung ihrer Zweigvorkeime auszufüllen, ist mir nicht geglückt, denn ich war bisher nicht im Stande, an einer Nitella, und zwar an Nitella syncarpa β capitata, Zweigvorkeime hervorzurufen, während dies an Chara fragilis durch eine höchst einfache Operation, die sich gewiss auch bei anderen Charen bewähren wird, sehr leicht gelingt.

Die Zweigvorkeime kommen nämlich zwar, wie ich bereits mitgetheilt habe, an älteren überwinterten Knoten der Pflanze von selbst, wenn auch nur spärlich hervor, allein man kann auch die Knoten jüngerer, diesjähriger Pflanzen sehr leicht dadurch zur Bildung von Zweigvorkeimen anregen, dass man ihre Internodien durchschneidet.

Die isolirten Knoten treiben alsdann, unter Wasser gehalten, schon nach wenigen — 8 bis 14 — Tagen neben nacktfüssigen Seitenzweigen in grosser Anzahl Zweigvorkeime hervor, und dieses Mittel, welches noch durch Entfernung des Haupt-Seitenzweiges, den der Knoten schon an der unverletzten Pflanze trägt, bedeutend unterstützt wird, giebt es Jedem leicht an die Hand, sich von der Existenz und der Entwickelung der Zweigvorkeime, die noch in manch anderer Beziehung lehrreich sind, zu überzeugen.

Bei der Nitella syncarpa hatte jene Operation aber, wie gesagt, keinen Erfolg. Die isolirten Knoten erhielten sich nicht, sondern gingen — Mitte Mai — schon nach wenigen Tagen völlig zu Grunde, und ich muss daher voraussetzen, dass diese Nitella keine Zweigvorkeime bildet.

V. In einer vorläufigen Mittheilung über die Vorkeime der Charen*) habe ich die Schlüsse, welche sich aus der Existenz und der Beschaffenheit der Vorkeime für die morphologische Auffassung der Charen und für ihre systematische Stellung ohne Zwang zu ergeben scheinen, kurz zusammengefasst, und es wird erlaubt sein, das dort Gesagte hier mit denselben Worten zu wiederholen.

*) Monatsberichte der Berliner Acad. d. Wiss. April 1862.

Der Nachweis der Vorkeime bei den Charen füllt eine fühlbare Lücke in der Entwickelungsgeschichte dieser Pflanzen aus.

Die Existenz blattloser Vorgebilde, aus welchen die Zweige hervorsprossen, unterstützt die aus der Bildungsgeschichte der Theile entlehnte Auffassung der Charen-Zweige als beblätterter Sprosse und stellt die nahe Verwandtschaft der Charen mit den Moosen in das hellste Licht.

Zu der Form der Samenfäden und der Fruchtanlagen, worin die Charen den Moosen sich so auffallend nähern, tritt nun auch die gleiche Entstehungsweise der beblätterten Zweige aus Knospen, welche an confervenartigen, blattlosen Vorkeimen entstehen, hinzu. Denn die Vorkeime der Charen weichen in ihrem Bau, wie die mögliche Vertretung ihrer wenigen und mangelhaft ausgebildeten Wurzelknoten durch einfache, gliedartig verlängerte Zellen nachweist, kaum von den confervenartigen Moosvorkeimen ab. Und obgleich der einfachere, überhaupt fast confervenartige Bau der Pflanze, sowie die Bildung der Wurzelknoten an den Vorkeimen, wodurch diese den Bau der beblätterten Zweige äusserlich nachahmen, die Erkennung der Vorkeime bei den Charen und ihre Unterscheidung von den beblätterten Zweigen ungemein erschwert, so ist doch niemals eine Verwechselung eines Vorkeimes mit einem beblätterten Zweige möglich und nie tritt ein Uebergang desselben in einen beblätterten Zweig ein, so dass die morphologische Abgrenzung der blattlosen Vorkeime und der beblätterten Sprosse bei den Charen ebenso scharf ausgeprägt ist, als bei den Vorkeimen und Zweigen der Moose.

Die vollständige morphologische Gleichwerthigkeit der Vorkeime bei Charen und Moosen tritt aber auf das Entschiedenste durch die Zweigvorkeime der Charen hervor. Denn unter allen Blattpflanzen finden sich nur noch an den Stengeln und Blättern der Laubmoose Organe, welche den Zweigvorkeimen der Charen analog sind. Es sind dies die bekannten von W. P. Schimper*) in seinen anatomischen und morphologischen Untersuchungen

*) Man vergleiche die von Schimper in seinen „Recherches anatomiques et morphologiques sur les mousses", Strassburg 1848, als „radicelles proembryonnaires sur les tiges" (pag. 13.); „excroissances proembryonnaires sur le limbe et à l'extrémité de la nervure des feuilles" (pag. 15) und „radicelles proembryonnaires aux feuilles détachées de la tige" (pag. 19) beschriebenen Bildungen.

über die Moose ausführlich beschriebenen, wurzelartigen Prothallien, welche am Stengel und den Blättern vieler Laubmoose auftreten.

Die Charen durchlaufen daher in ihrem allgemeinen Entwickelungsgange ähnliche Entwickelungsstufen wie die Moose.

Sie sind beblätterte Pflanzen ohne Hauptstamm und Hauptwurzel, indem ihre Zweige sämmtlich, wie die der Moose, als Seitenzweige entweder an anderen beblätterten Zweigen oder an blattlosen Vorkeimen entstehen.

In dem Bau der Antheridien und in der Ausbildung der Frucht zeigen sie allerdings bedeutendere Abweichungen von den Moosen, welche ihre völlige systematische Vereinigung mit der einen oder der anderen Moosgruppe nicht gestatten, allein, wie in der Form der Samenfäden, so stimmen sie wieder auch in der ursprünglichen Anlage der Frucht mit dem allgemeinen Bildungsgange der Moose überein, denn obgleich die Zeit und die Stelle der Befruchtung bei den Charen noch nicht nachgewiesen ist, so lässt sich nach naheliegenden und bekannten Analogien, zu denen jetzt die Bildung der Vorkeime noch hinzutritt, doch schon mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass auch bei ihnen nicht die zum Prothallium auskeimende Sporenzelle, sondern eine, mehrere Zellgenerationen vorhergehende Mutterzelle befruchtet wird.*)

Es schliessen sich somit die Charen offenbar als eine besondere Gruppe der Abtheilung moosartiger Gewächse unter den Cryptogamen an.

Ferner lässt das unerwartete Auftreten der Vorkeime bei den Charen es als ein allgemeines Gesetz erscheinen, welchem, neben Farrnkräutern und Moosen, der früheren Ansicht entgegen auch die Charen sich unterordnen, dass bei allen Blattpflanzen die Spore niemals unmittelbar zur Vegetationsspitze der ersten beblätterten Achse werden kann.

VI. Am Schlusse meines Aufsatzes sehe ich mich veranlasst, noch einige Bemerkungen über die Literatur der Charen und die Geschichte ihrer Keimung, soweit sie den von mir behandelten Gegenstand betreffen und im Vorhergehenden noch nicht berührt wurden, hinzuzufügen.

Man kann mit Recht behaupten, dass erst mit den für ihre

*) Auch hierüber lese man den Schluss des zweiten Theiles der beiden, wiederholt citirten Aufsätze von Alex. Braun „über die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen“ nach.



Zeit ganz vorzüglichen und von mir im Eingange meines Aufsatzes schon angeführten Beobachtungen von Vaucher und Kaulfuss die für die Morphologie der Charen wichtige Literatur beginnt, und es erscheint für meine Zwecke gewiss unnöthig, auf die Vorgänger von Vaucher und Kaulfuss und auf deren willkürliche und durch irrige Analogien vielfach getrübte Vermuthungen über den Werth der Fructificationsorgane der Charen zurückzugehen. Wer sich noch jetzt für diesen Theil der Charen-Literatur interessirt, der findet eine Zusammenstellung der Ansichten früherer Botaniker mit Angabe der zugehörigen Quellen in dem citirten Schriftchen von Kaulfuss über die Keimung der Charen, ferner bei Bischoff, und bis auf die neueste Zeit fortgeführt in den beiden academischen Abhandlungen von Al. Braun.

Aus der neueren Literatur aber habe ich, soweit es die Keimung betrifft, zu den in der Einleitung zu diesem Aufsatze und Seite 314. gemachten Angaben über frühere Beobachter der Keimung und deren Ansichten nur Weniges hinzuzufügen.

Die Frage nach der Existenz eines Vorkeimes bei den Charen ist, wie schon erwähnt, mit Ausnahme von Bischoff, von Niemand berührt, von Bischoff selbst mit der grössten Entschiedenheit verneint worden.

Auch den späteren Beobachtern schien der Vorgang bei der Keimung zu klar, um einer besonderen Erörterung unterliegen zu müssen; sie sprechen von der unmittelbaren Entwickelung der Sporenzelle zur Pflanze ebenso, wie Bischoff, als von einer sich von selbst verstehenden Sache, obgleich ihnen die äusseren Verschiedenheiten, welche die unteren Theile einer keimenden Pflanze auszeichnen, durchaus nicht entgangen waren.

Die Vorkeimspitze selbst wurde, wie gleichfalls schon erwähnt, von den ersten Beobachtern für die fortwachsende Spitze der Pflanze gehalten.

Von Agardh*) rührt dann die zweite Auffassung derselben her, wonach sie das erste, älteste Blatt — oder vielmehr nach ihm der älteste Ast — des Quirles sein soll.

Diese Ansicht ging jedenfalls schon von einer richtigeren Auffassung des Wachsthumes der Charen aus, nämlich von der Erkenntniss, wo eigentlich die fortwachsende Spitze des Stengels zu suchen sei.

*) Ueber die Anatomie und den Kreislauf der Charen in Act. Acad. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur. Vol. XIII. P. I.

Agardh war auch der erste, welchem die Aehnlichkeit der später an den Knoten älterer Pflanzen auftretenden Seitenzweige der Charen mit den keimenden Pflänzchen auffiel, und er giebt sogar schon eine äusserlich ganz richtige Abbildung eines Zweigvorkeimes*), den er jedoch von den nacktfüssigen Zweigen nicht unterscheidet. Die voreilende Spitze, die er für das älteste Blatt des ersten Quirles hält und deren Entwickelung er als die bei normalen Quirlen gesetzmässige ansieht, führte ihn zu der Annahme, dass in jedem Quirle — den er noch als Astquirl bezeichnet — ein Aestchen das älteste sei, eine Annahme, die allerdings zufällig richtig ist, obgleich die Thatsache, auf welche Agardh sie gründet, mit der Bildung der Blattquirle in gar keinem Zusammenhange steht.

Der letzte literarische Nachweis, welcher hier vielleicht noch zu erwähnen wäre, betrifft eine Abbildung und deren Erklärung in dem Aufsatze von Karl Müller**) „zur Entwickelungsgeschichte der Charen", einer Arbeit, die als eine unreife, ihres Gegenstandes nicht mächtige bezeichnet werden muss. Die Vorkeimspitze hält Müller noch für die Spitze der fortwachsenden Pflanze; ausserdem giebt er eine Zeichnung (Fig. 10. seiner Tafel), wonach die Blätter***) der untersten Stengelglieder junger Pflanzen sich zu Zweigen entwickeln sollen. Ich vermuthe, dass hier vielleicht eine missverstandene Beobachtung von Zweigvorkeimen vorliegt. Seine Zeichnung, schematisch und offenbar ungenau, ist wenig Vertrauen erweckend. Es wäre aber, namentlich wenn ich annehme, dass seiner Beobachtung eine andere, als die von ihm genannte Species zu Grunde liegt, denkbar, dass ihm ein interessanter, von mir vergebens gesuchter Fall einer Verzweigung des Vorkeimes — d. h. ein Vorkeim, der aus seinem Wurzelknoten selbst wieder Vorkeime erzeugt — vorgelegen hat.

*) A. a. O. Fig. 6. Taf. X.

**) Bot. Zeit. v. Mohl u. Schlecht. 1845.

***) Die Blattwirtel nennt er übrigens, wie alle früheren Beobachter, Astwirtel.

Erklärung der Abbildungen.

(Sämmtliche Figuren beziehen sich auf Chara fragilis und die in Klammern beigefügten Zahlen geben die Vergrösserung an.)

Taf. IX.

Fig. 1—4. (3—5) Junge Keimpflanzen.

Fig. 5—7. (3—5) Isolirte Knoten älterer Pflanzen mit Zweigvorkeimen; die Blätter dieser Knoten sind zum Theil entfernt. Vergrösserung nur schwach, wie in den vorigen Figuren.

r Fig. 5. ist ein am Wurzelknoten des Vorkeimes entspringender, nacktfüssiger Zweig.

In allen Figuren dieser Tafel bedeutet gleichmässig:

pt, = Prothallium, die Vorkeimspitze;

g, die Stelle, wo die Zweigknospe am Vorkeime entsteht;

q, das Glied unterhalb dieser Knospe, aus der Mittelzelle des Knospengrundes entstanden;

d, den Wurzelknoten;

i, das unterste, blasse Glied unter dem Wurzelknoten;

s, die Sporenfrucht.

Taf. X.

pt, g, q, d, i, in allen Figuren der Zweigvorkeime wie in Taf. IX.

Fig. 1. Unteres Stück eines Blattes einer älteren Pflanze mit einer Achselknospe (c).

Fig. 2. 3. 4. (20) Isolirte Knoten älterer Pflanzen nach theilweiser Entfernung der Blätter; Fig. 2. mit einem nacktfüssigen Zweige (r) und 3 Zweigvorkeimen (i. i. i.); Fig. 3. mit einem nacktfüssigen Zweige (r) und 2 Zweigvorkeimen (i. i.); Fig. 4. mit zwei nacktfüssigen Zweigen (r. r.) ohne Zweigvorkeime.

Fig. 5. (72) Terminalknospe des nacktfüssigen Zweiges r in Fig. 3. stärker vergrössert.

Fig. 6. (170) Aeusserste Spitze der Terminalknospe eines wachsenden Zweiges, noch stärker vergrössert. — Meist findet man bei Chara fragilis über dem letzten Knoten nur die ungetheilte Vegetationszelle, weil die in dieser angelegte, primäre Gliederzelle (o) sich gewöhnlich unmittelbar nach ihrer Bildung sofort weiter in die Knoten- und secundäre Gliederzelle umbildet. Hier aber sieht man unter der Vegetationszelle (v) die jüngste noch ungetheilte, primäre Gliedzelle (o) und unter dieser den Knoten, aus dessen schon vorhandenen peripherischen Zellen noch keine Blätter hervortreten; unter diesem Knoten die in Streckung begriffene, zu ihm gehörige Internodialzelle, welche auf dem noch älteren Knoten, welcher bereits junge Blätter (f. f') trägt, aufsitzt; f' ist das älteste Blatt dieses Knotens.

Fig. 7. (170) Wurzelknoten eines Zweigvorkeimes, schief von unten auf seine Fläche gesehen, in der Theilung noch nicht weit vorgeschritten.

Taf. XI.

Fig. 1—11. (170) Die jüngsten Zustände der Zweigvorkeime, und zwar in folgender Reihe: 1; 2 und 9; 3 und 4; dann nach den Zahlen fortlaufend. Zu bemerken ist, dass 9 und 4 Zustände von 2 und 3 sind, in welchen die Vorkeimspitze schon grün zu werden anfängt, wenn der Knospengrund eben erst (4) oder selbst noch gar nicht (9) angelegt ist. Dies ist nicht der gewöhnliche Fall, denn normal tritt die Bildung des Chlorophylls in den Zellen der Vorkeimspitze erst viel später auf (6. 7.).

In sämmtlichen Figuren bedeutet hier:

ab, die Vorkeimspitze vom Knospengrunde an bis zum Ende des Vorkeimes;

ad, den Knospengrund, welcher dann in die obere (v), die mittlere (q) und die untere (d) Zelle getheilt erscheint;

i, das unter dem Knospengrund befindliche farblose Glied des Zweigvorkeims.

Aus der Zelle v entsteht dann die Knospe des Vorkeimzweiges, wie es Fig. 11. in einem schematischen Hauptschnitt anschaulich macht.

Fig. 12. Schematischer Grundriss der Stelle am Knospengrunde des Zweigvorkeimes, wo der Zweig sich bildet. Erklärung: S. 307 u. f.

Fig. 13. und 14. In der Entwickelung schon weit vorgeschrittene Zweigvorkeime einer Form der Chara fragilis mit kürzeren Internodien.

pt, g, q, d, i wie in Tafel IX.

Die Zahlen I—VI. deuten die Entwickelungsfolge der Blättchen am Knospengrunde entsprechend dem Grundriss Fig. 12. an.

Bei g Fig. 13. hat sich neben dem Hauptseitenzweige des Vorkeimes schon eine zweite Knospe (e) entwickelt. Der Hauptseitenzweig selbst ist hier ein nacktfüssiger Zweig mit entwickelten, freien Rindensegmenten.

Bei k Fig. 14. ist der abnorme, Seite 312 besprochene Fall eingetreten, dass eine Seitenknospe mitten auf einem Gliede des Vorkeimes steht. Hier ist zugleich der Haupt-Seitenzweig (x) des Vorkeimes ein normal berindeter Zweig und es haben sich neben der Vorkeimspitze (pt) nur 5 Blättchen (I. bis V.) entwickelt; r ist das unterste Internodium eines neben dem Zweigvorkeime stehenden nacktfüssigen Zweiges. —

Taf. XII.

Fig. 1. (50) Spitze eines fast völlig erwachsenen Zweigvorkeimes mit den Blättchen des Knospengrundes, die immer völlig nackt und knotenlos bleiben und untereinander an Grösse verschieden sind.

Die Zahlen I—VI. geben ihre Entwickelungsfolge an; man vergleiche auch Taf. XI. Fig. 12., 13. und 14.

Fig. 2—7. (170) und 8. (116) Verschiedene Entwickelungsstufen der Zweigvorkeime; ab, v, q, d, i wie in Fig. 1—11. Taf. XI. v ist bereits in der Bildung der Uebergangsknoten weit vorgeschritten; q hat sich zum langen Schlauche verlängert und d in den Wurzelknoten umgebildet. Fig. 3. und 4. stellen denselben Zweigvorkeim, von der Seite (4) und von vorn (3) dar. Die allmälige Entwickelung des Knospengrundes und seiner Blätter tritt in diesen Figuren deutlich hervor.

Die Ziffern I., II., III. bezeichnen wieder die aufeinanderfolgenden Blättchen des Knospengrundes, soweit diese eben in jeder Figur schon hervorgetreten sind. In Fig. 3, 5 und 6 sieht man vorn, zwischen Blatt I und II, die schon nach oben gerichtete Vegetationszelle (= v. Fig. 4.); unter ihr durch die Scheidewand getrennt die primäre Gliederzelle für den dritten Uebergangsknoten (= m Fig. 4), in Fig. 3. noch ungetheilt, in Fig. 5 und 6 schon in die Zellen für die Blättchen IV und V des Knospengrundes getheilt. Diese treten in Fig. 7 vorn schon papillenartig hervor, während die Vegetationszelle wieder neue, von nun an normal sich verhaltende (Fig. 8) primäre Gliedzellen anlegt.

Fig. 8. stellt einen Fall dar, bei welchem die Blättchen III. bis VI. unentwickelt bleiben, obgleich die für sie bestimmten Zellen vorhanden sind.

Taf. XIII.

Fig. 1—3. (20) Nacktfüssige Zweige. Das nackte, unterste Glied, mit welchem sie dem Muttersprosse aufsassen, ist bei a nahe unter der Terminalknospe durchschnitten. Sie zeigen sehr verschiedene Zustände der Blattberindung des ersten Quirles in Verbindung mit verschiedenartiger Entwickelung und Ausbildung der eigentlich für die Bekleidung des untersten Internodiums (a) bestimmten freien Rindensegmente (rs, rs...). Man vergleiche auch r, Fig. 2. Taf. X.

Fig. 4. Terminalknospe eines wachsenden Zweiges mit normaler Berindung des Internodiums a d und mit einer Axillarknospe (g). Die einzelnen Rindensegmente haben sich schon getheilt, aber die seitlichen Reihen sind noch nicht angelegt. Die Axillarknospe (g) besteht aus der Vegetationszelle (v), der jüngsten primären Gliedzelle (i), unter welcher schon ein noch blattloser Knoten und die zu ihm gehörige, noch nicht gestreckte Internodialzelle vorhanden ist.

Fig. 5. (170) Stärker vergrösserte Terminalknospe des Seitenzweiges am Vorkeime Fig. 1. Taf. XII., aus den umgebenden Blättchen des Knospengrundes herauspräparirt; von diesen sind nur noch die Blättchen IV. und V. in ihrer vorherigen Stellung zur Knospe sichtbar. Von dem Blattkreise (g) umgeben sieht man die Spitze der Knospe, deren Entwickelungszustand ungefähr der Axillarknospe g in Fig. 4. derselben Tafel gleicht.

Fig. 6. Wurzelknoten eines Zweigvorkeimes mit einem sich erhebenden, nacktfüssigen Zweige. Der Seitenzweig besteht aus der Vegetationszelle (v), dem Knoten (f. f'), aus dessen peripherischen Zellen die Blattanlagen hervorzutreten anfangen (f' wird zum ältesten Blatte); zu unterst das in Streckung begriffene, unterste, nackte Internodium (h).

Fig. 7—10. (240) Verschiedene Zustände von Wurzelspitzen und Wurzelgelenken der Chara fragilis. Man vergleiche die Anmerkung S. 305 unter dem Texte.

Zur Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten

von

L. Cienkowski.

De Bary's Entdeckungen in der Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten sind für die Kenntniss der niederen Organismen und für die Zellenlehre von einer so grossen Bedeutung, dass die Prüfung des Gegenstandes, sollte man auch nichts Neues hinzufügen können, schon lohnenswerth erscheint.

Die Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten, wie wir sie aus der vortrefflichen Arbeit de Bary's*) und den bestätigenden Untersuchungen Bail's**) und Wigand's***) kennen, lässt sich in folgende Punkte zusammenfassen:

1) Aus der Spore tritt eine schwärmende Zelle aus, die sich in der Folge amoebenartig bewegt. 2) Höchst wahrscheinlich entsteht durch Heranwachsen und Zusammenfliessen dieser amoebenartigen Körper eine bewegliche Protoplasmamasse in Form von verzweigten oder netzartigen Strängen. 3) Dieses Protoplasma zerfällt bei langsamer Austrocknung in eine Menge mit Cellulosehüllen versehenen Zellen, die die sonderbare Eigenschaft besitzen, mit Wasser benetzt, zu verschmelzen und wieder ein bewegliches Protoplasmanetz zu bilden; oder: 4) Es entsteht, indem sich manche der Stränge verdicken und andere Zweige in sich einziehen, der bekannte Pilzkörper, die Peridie der Myxomyceten mit zahlreichen, eingeschlossenen Sporen.

*) Die Mycetozen, Zeitschr. f. wiss. Zool. 10 Bd., 1859, auch Flora, 1862. No. 17.
**) Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch. in Wien, 1859.
***) Pringsheim's Jahrbücher, Bd. III.

Mit Ausnahme des zweiten Punktes, worüber meine Beobachtungen noch nicht abgeschlossen sind, habe ich alle erwähnten Angaben bestätigt gefunden.

Ich beabsichtige hier nur, den beweglichen protoplasma- und zellenartigen Zustand der Myxomyceten näher zu besprechen, und behalte mir vor die übrigen Entwickelungsverhältnisse an anderem Orte zu beschreiben.

Das Protoplasmanetz der Myxomyceten werde ich mit dem Namen Plasmodium bezeichnen. Meine Beobachtungen wurden hauptsächlich an Physarum album, Leocarpus vernicosus und einer zur Fruchtbildung nicht gelangten, unbestimmten Art angestellt.

Das Plasmodium der erst genannten Art bildet auf faulenden Blättern, Stengeln u. s. w. hellgraue, baumartig verzweigte Stränge; die grösseren sind wie ein Zwirnfaden dick, die dünnsten mit blossem Auge nicht zu unterscheiden. Von dem Hauptstrang gehen vielfache sich windende Aeste aus, die durch wiederholte Zweige und Anastomosen ein Netz bilden. Je weiter von dem Hauptaste, desto engmaschiger wird das Plasmodium, bis es endlich an der Peripherie in eine einförmige, wellenartig umgrenzte Masse zusammenfliesst. Stellenweise an den Aesten entstehen varicöse Anschwellungen von gelblicher Farbe, die sich wieder verlieren oder noch mehr vergrössern und schliesslich in die flache, bisquit- oder wurmförmige Peridie verwandeln.

Legt man einen Theil des Substrates mit anhaftendem Plasmodium auf ein Objectglas in Wasser, so sieht man nach mehreren Stunden das Plasmodium zum Theil oder ganz das Substrat verlassen und auf dem Objectglase sich bewegen. Es war de Bary's grosses Verdienst, in der rahmartigen, bis jetzt als structurlos betrachteten Substanz zuerst Verhältnisse aufzufinden, die auf eine Aehnlichkeit, wenn nicht Identität, mit der thierischen Sarcode hindeuteten.

Das Bild, welches das Plasmodium, durch das Mikroskop betrachtet, in dem Beobachter hervorruft, ist mit einer kolossalen, verzweigten Amoebe zu vergleichen. Wir haben vor uns eine fliessend bewegliche, Netze und Zweige bildende Plasmamasse. Sie ist aber keineswegs eine homogene Flüssigkeit. Sie besteht aus zwei verschiedenen Substanzen: einer hyalinen Grundsubstanz, die an den Umrissen der Zweige als ein heller Saum erscheint, und einer feinkörnigen Flüssigkeit. Die erste ist äusserst con-

tractil und dehnbar, sie hat eine dichtere Consistenz, als die Flüssigkeit. Die beiden Substanzen verhalten sich gegeneinander nicht etwa wie Hülle und Inhalt — die hyaline ist ebenso, wie die flüssige im Inneren des Plasmodiums, enthalten, sie ist so zu sagen das Bindemittel für das Ganze. Ihre Dehnbarkeit ist so gross, dass sie der anderen in Strömen fliessenden Substanz in allen Richtungen freien Durchgang gestattet.

Um uns von der Richtigkeit des Gesagten zu vergewissern, betrachten wir einen in Bewegung begriffenen Plasmodiumast. Wir erkennen sogleich den hyalinen Saum, der gegen das Innere durch keine scharfe Linie sich abgrenzt und vorzüglich an dem freien Astende zum Vorschein kommt.

Die Axe des Astes durchläuft ein Strom feinkörniger Substanz, sich gegen die Astspitze richtend. Dadurch wird die hyaline Aussenschicht gedehnt; der Zufluss ist aber oft so mächtig, dass die immer mehr aufgetriebene Ausbuchtung des Zweig-Endes schliesslich als eine wellenförmig umgrenzte Masse erscheint. Sie ist mitunter an der Peripherie so verdünnt, dass in ihr wahre Lücken entstehen, der Saum wie verwischt aussieht, selbst stellenweise unsichtbar wird. Der Hauptstrom theilt sich in dieser ausgebreiteten Plasmodium-Masse in viele, oft anastomosirende Aeste. An verschiedenen Orten hören die Strömchen auf zu fliessen, an anderen dagegen häufen sich die Körnchen zusammen, um neue selbständige Ströme zu bilden. — Sie eilen nach den verschiedensten Seiten, kreuzen sich; sogar in einem und demselben Aste sind nebeneinander in entgegengesetzter Richtung vorbeigleitende Strömchen eine gewöhnliche Erscheinung. In dem ausgebreiteten Plasmodium sind die Strömungen, ohne geringsten Zweifel, hüllenlos: sie sind eingebettet in die hyaline Grundsubstanz, durch keine scharfen Umrisse von ihr geschieden. Dieselben Verhältnisse müssen sich in allen Theilen des Plasmodiums, also auch da, wo er als ein besäumter Strang erscheint, geltend machen.

Nachdem der Hauptstrom in einem Strange eine Zeit lang in die Ausbuchtung hineineilte, fängt er an zurück zu fliessen. Die Strömchen in der Ausbuchtung hören auf sich zu bewegen, oder schmelzen in einen grösseren Strom zusammen. Die ausgebreitete Plasmodiummasse nimmt frühere Dimensionen an und dasselbe Spiel wiederholt sich an einem anderen Orte. Ist der Strom nicht so heftig, so schiebt sich die Ausstülpung langsam vorwärts und

wächst zu einem neuen Plasmodiumast an, welcher bei Rückfluss des Stromes wieder in den Strang zurückgezogen wird.

Die Geschwindigkeit des Strömens ist sehr veränderlich. Sie ist gewöhnlich grösser, als die Bewegung des Plasma bei Charen; zeitweise bleibt sie ganz aus. In der Axe des Stranges ist das Fliessen am stärksten, und nimmt gegen die Peripherie ab. Grössere Stränge bekommen ihre Zuflüsse oft von weit entlegenen Zweigen. Die letzten werden bei heftigem Rückströmen hin- und hergerückt, und je nachdem sie sich allmählig entleeren, werden sie in den Strang eingezogen.

Die Vorgänge, die man beim Verschmelzen und Auseinanderreissen der Aeste beobachtet, sind für die Erkenntniss der Beschaffenheit des Plasmodiums von grosser Bedeutung.

Wenn zwei Plasmodiumaeste oder Lappen benachbarter Ausbuchtungen sich berühren, oder gegenseitig anstossen, so verschmelzen sie. Bei dieser Erscheinung sind wieder die beiden, das Plasmodium zusammensetzenden Substanzen in verschiedener Weise betheiligt.

Die hyalinen Umgrenzungen der Aeste bleiben eine Zeit in Berührung, ohne eine Veränderung zu zeigen. Nach einer Weile erscheint die Scheidungslinie stellenweise verwischt; allmählig verschwindet sie gänzlich; die sich berührenden hyalinen Schichten sind in eine verschmolzen, die wie eine Querwand die körnig flüssige Substanz der Aeste scheidet. Noch ist die Communication nicht hergestellt; erst nach einer Pause eilen die körnig flüssigen Substanzen durch die hyaline Wand hindurch einander entgegen, um sich in einen gemeinschaftlichen Strom zu vereinigen. Wo die hyaline Umgrenzung nicht breit genug ist, folgt unmittelbar nach dem stellenweisen Verschwinden der Scheidungslinie in diesen Punkten sogleich die Mischung der Strömungen.

Wenn auch der ganze Vorgang sehr rasch abläuft, so sind doch die angegebenen Stufen leicht zu verfolgen. — Wenn fremde Körper im Strome sich befinden (worauf ich unten noch zurückkomme), so werden sie in den verschmolzenen Aesten auf langen Strecken herumgeführt; der beste Beweis, dass die Verschmelzung nicht scheinbar hergestellt ist.

Bei Auseinanderreissen der Aeste findet das Umgekehrte Statt. An beliebiger Stelle wird ein Zweig dünner und indem er sich in die Länge dehnt, weicht die körnige Flüssigkeit auseinander;

es bleibt eine hyaline Verbindungsbrücke zurück, die nach und nach in einen Faden sich auszieht und schliesslich zerreisst. Die beiden Theile des zerrissenen Astes werden mit einer merklichen Contractilität in die Stränge, an denen sie sitzen, eingezogen. Man hat hier entschieden mit denselben Erscheinungen zu thuen, die bei der Theilung der actinophrysartigen Amoeben, Monaden und dergl. bekannt sind.

Indem die sich berührenden Ausbuchtungen verschmelzen entstehen die grossen Protroplasmamassen, die man an der Peripherie des Plasmodiums mit unbewaffnetem Auge schon wahrnimmt. Die grossen Lücken sind Folge der Zweigverschmelzung, wenn auch, wie ich oben angab, kleinere Lücken in den flachen Ausbreitungen des Plasmodiums durch Verdünnung der Grundsubstanz entstehen. Das Plasmodium besteht aus stickstoffhaltigen Substanzen. Durch Benetzen mit Alcohol kommt, wie de Bary angiebt, an dem Plasmodium eine umhüllende Membran zum Vorschein. Vielleicht lässt sich diese Thatsache auch anders auslegen. Die Erscheinungen, die man bei der Aufnahme fremder Körper durch das Plasmodium und seine ersten Entwickelungszustände beobachtet, die ich unten anführe, scheinen mir mit der Existenz einer Hülle unvereinbar.

Es ist noch eine Eigenthümlichkeit, die das Plasmodium besonders auszeichnet — ich meine die Anwesenheit der Vacuolen. In der körnigen Flüssigkeit werden Hohlräume von verschiedener Grösse im Strome herumgeführt. Ausser diesen sind andere, die ihren Sitz in der hyalinen Substanz haben, vorhanden und sich mit derselben bewegen.

Sucht man sich einen hellflüssigen, nicht mit Körnchen überfüllten Plasmodiumast, dessen Strömung verlangsamt ist, so gelingt es bei einer 400maligen Vergrösserung, mit grösster Deutlichkeit das Zusammenfallen und Wiedererscheinen der Randvacuolen zu constatiren. Es ist nicht etwa ein allmähliges Verschwinden, sondern ein Zusammensinken mit einem Ruck, wobei der durch die Vacuole eingenommene Raum augenblicklich mit der Plasmodium-Substanz, so zu sagen, zugeklappt wird. Die Vacuole befindet sich oft in einer Ausstülpung der hyalinen Substanz, dann ist ihre Contraction noch deutlicher. Auf derselben Stelle, wo die Vacuole zusammensank, entsteht wieder eine neue, die sich wieder schliesst. In einem Falle sah ich an der Vacuole zwei

Körnchen an der nach Innen gekehrten Seite ankleben; die Vacuole sank zusammen und die zwei Körnchen wurden bis an den äusseren Rand geschoben, um wieder durch die auftauchende Vacuole zurückgedrängt zu werden. Es sind mehrere contractile Vacuolen vorhanden; ich sah deren drei, eine nach der anderen, zusammenfallen. Die Zeit der nacheinander folgenden Contractionen dauert etwa 1¼ Minute. Die Grösse der contractilen Vacuolen ist grossen Schwankungen unterworfen, sie beträgt circa 0,006 bis 0,004 M.M. Ob sie nun identisch sind mit denen der Infusorien, wäre kaum möglich zu entscheiden; sie sind jedenfalls ausserordentlich ähnlich.

Das Auffinden der contractilen Räume im Plasmodium war von vorn herein wahrscheinlich, da schon de Bary an den Schwärmsporen der Myxomyceten eine pulsirende Vacuole entdeckte. Ich muss hier ausdrücklich bemerken, dass ich oft nach den contractilen Vacuolen, wie nach Vacuolen überhaupt, im Plasmodium suchte. Dasselbe findet Statt bei vielen Amoeben, wo man auch nicht immer die genannten Räume zur Anschauung bringen kann. Da die Kleinheit und Beweglichkeit des Objectes einen Zweifel an die Richtigkeit meiner Angaben erwecken könnte, so muss ich noch die Bemerkung hinzufügen, dass ich nur an den Randvacuolen die Contractilität beobachtete, die anderen, für die Beobachtung weniger günstig gelegenen, habe ich ausser Acht gelassen. Das Plasmodium liess ich aus Zellenzuständen auf dem Objectglase in Wasser unter Deckglas sich entwickeln. Die contractilen Vacuolen habe ich bei so gezogenen Plasmodien des Physarum album, Leocarpus vernicosus und einer unbestimmten Art gesehen. Ich fand sie auch bei ganz jungen, kleinen Plasmodien, wie sie sich bei mir aus den Zellenzuständen bildeten und schliesslich bei den Zellen selbst, wenn sie in Begriff sind sich zu dehnen und in amoebenartige Körper sich zu verwandeln. Ich erwähne es hier beiläufig, indem ich noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkomme.

Somit wird durch diese Beobachtung das Plasmodium noch näher an die Substanz, aus welcher die Amoeben, Actinophryen und dergl. bestehen, gerückt.

Ich gehe nun zu der Beschreibung der Zellenzustände der Myxomyceten über.

Kultivirt man Plasmodien auf dem Objectglase mehrere Tage,

so sieht man, dass sie im Tropfen herumwandern und durch Ausscheidung einer körnigen Substanz um sich eine Art structurloser, aus unorganischen Theilchen bestehender Hülle bilden, die sie wieder verlassen. Auf diese Weise ist der Weg, den das Plasmodium zurücklegt, durch diese Spur bezeichnet. Das Plasmodium bekommt plötzlich an seinen grossen, wie an seinen kleinen Zweigen ein traubiges Aussehen; es entstehen unzählige Kugeln von verschiedener Grösse. Durch das Innere des Stranges läuft noch ein Strom, der sich weiter in das noch unveränderte Plasmodium fortsetzt. Je schärfer die Umrisse der Kugeln hervortreten, desto ruhiger wird die Strömung. Nun greift die Kugelbildung rasch um sich; an den entlegensten Zweigen ist noch die Strömung zu sehen; endlich hat sich das ganze Plasmodium in eine Menge von Kugeln oder Zellen umgebildet, die ganz dieselbe Lage, die die Netze und Stränge hatten, behaupten. Die dicken Stränge geben schwer eine Einsicht in die Art, wie sich diese Zellen bilden. Fasst man aber einen dünnen Zweig ins Auge, der in Begriff ist in Zellen zu zerfallen, so sieht man, dass er zuerst rosenkranzartig anschwillt; die Anschwellungen rücken auseinander, der sie verbindende Theil wird immer dünner, bis er zerreisst. Eine jede Anschwellung bekommt auf diese Weise zwei Anhängsel, die sie in sich einzieht. Der Vorgang geht so rasch vor sich, dass man kaum Zeit hat die Zwischenstufen aufzuzeichnen. Bei grösseren Strängen entstehen zuerst traubenartige Ausstülpungen, die sich durch Abschnürungen weiter in Zellen umzubilden scheinen. Die dünnen Zweige bilden Kugeln, ohne von einer Substanz umhüllt zu sein, dagegen sind die Kugelaggregate in den grossen Strängen in eine structurlose, körnige Masse eingebettet, die den nicht zur Zellenbildung verwertheten Theil des Plasmodiums darstellt.

Solche erstarrte Plasmodien von Physarum album habe ich auch im Freien auf faulenden Zweigen, wo sie schwarze Netze bilden, gefunden. Viel gewöhnlicher jedoch zieht sich bei der Kugelbildung das Plasmodium in Form von flachen, gelappten oder unregelmässigen Körpern der verschiedensten Grösse zusammen. Die Bedingungen, bei welchen sich die Zellenzustände bilden, sind nicht genau zu bestimmen. Ein langsames Austrocknen, wie de Bary angiebt, scheint wirklich von Einfluss zu sein, wenn ich auch bei hinlänglicher Bewässerung sehr oft die Zellenzustände

hervortreten sah. Die plötzlichen Schwankungen der Lufttemperatur können diese Bildungen nicht hervorrufen. Ich fand im Freien in den wärmsten Julitagen Plasmodien, die nur zum Theil in den Zellenzustand übergingen; von de Bary wurden sie bei plötzlichem Sinken der Temperatur im Herbste beobachtet. Auf dem Objectglase fliessende Plasmodien hielt ich auf einem Stück Eis ein paar Stunden, ohne den Zellenzustand hervorrufen zu können. Die Bewegungen verlangsamten sich zwar, stellenweise blieben sie sogar aus, aber als das Plasmodium wieder in die warme Luft kam, setzte es seine Strömungen auf die normale Weise fort; erst einen Tag später ging es in den Zellenzustand über. Die Erfahrung, dass ich aus kleinen Plasmodien nie die Zellenzustände entstehen sah, könnte zu der Vermuthung Grund geben, dass gewisse Ernährungsverhältnisse, z. B. unreife Ausbildung des Plasmodiums, die Zellenzustände beeinflussen.

Wie sind nun diese Kugeln beschaffen, sind es Zellen, oder solide Körper?

De Bary, der Entdecker dieser sonderbaren Gebilde, hält sie für Zellen, in deren Wand er Cellulose gefunden hat. Bei Betrachtung dieser Körper muss ich die Erfahrung voranschicken, dass die Bedingungen, bei welchen sich die Kugeln bilden, einen ausserordentlichen Einfluss auf ihre Grösse und Structur ausüben. So fand ich, dass die auf dem Objectglase entstandenen viel kleiner und zarter sind, als die im Freien gesammelten, deren Grösse bei Ph. album 0,06-0,03 M.M. beträgt. Bei den ersten konnte ich keine Cellulose in der äusseren Umgrenzung auffinden, bei den letzten trat sie besonders da, wo die Kugeln durch gegenseitigen Druck sich abplatten, zum Vorschein.

Es scheint demnach, dass die Cellulose keinen wesentlichen Bestandtheil der Kugelzustände der Myxomyceten ausmacht.

Durch Reagentien konnte ich keinen Kern an diesen Körpern zur Anschauung bringen. Wenn ich frisch gebildete untersuche, so sind es glashelle Kugeln mit scharfen, aber keineswegs doppeltkonturirten Umrissen. Sie machen ähnlichen Eindruck auf den Beobachter, wie glatte Amoebencysten. Im Inhalte fand ich ein bis mehrere helle Schleimkügelchen. Die längere Zeit getrockneten weisen viele scharf conturirte Vacuolen auf. Durch Jod färben sich diese Körper braun, in manchen Vacuolen treten braune Klümpchen hervor. Kugeln mit einer, einen Flecken enthaltenden Va-

cuole haben jedenfalls mit einer Zelle, die einen Kern einschliesst, grosse Aehnlichkeit. Durch Druck bekam ich zwar in manchen Fällen Kugeln zur Ansicht, die durch einen Riss eine äussere dicke Hülle und ausfliessenden zähen Inhalt zeigten, jedoch waren es nur Ausnahmen; gewöhnlich verhält sich die Kugel gegen Druck, wie es ein solider Körper thut.

Diese Unbeständigkeit im Verhalten gegen Druck möchte vielleicht so zu erklären sein, dass bei dem Uebergang in den Kugelzustand die beiden Substanzen des Plasmodiums sich innig durchdringen; geschieht das vollständig, so ist keine Hülle sichtbar, im entgegengesetzten Falle tritt die hyaline Substanz als eine äussere Schicht von verschiedener Mächtigkeit hervor. Dieselben Verhältnisse fand ich bei einem grauen Plasmodium, das ich nicht zur Fruchtbildung zu bringen vermochte. Es bleibt ferneren Untersuchungen vorbehalten, die hier entgegentretenden Zweifel zu lösen.

Die Zellenzustände der Myxomyceten haben die Eigenschaft, mit Wasser benetzt, in ein Plasmodium zu verschmelzen.

Zu diesen Beobachtungen eignen sich besonders frische, auf dem Objectglase gebildete und von Neuem in Wasser, unter Deckglas eingeweichte Zellen. Man kann hier alle Entwickelungsstufen sehr leicht verfolgen. Nach ein paar Stunden treten in den Zellen, neben den Schleimkügelchen, unzählige kleine Vacuolen hervor. Am Rande der Zellen pulsiren kleine contractile Räume. Die Zellen fangen an sich zu dehnen und Fortsätze zu treiben, hier und da sind schon welche in gleitender Bewegung begriffen zu sehen, in deren Inhalt leise Strömungen, die die Schleimkügelchen herumführen, zum Vorschein kommen. Die Umgrenzung ist als hyaline Schicht zu erkennen, in ihr am Rande entstehen Vacuolen, die periodisch zusammensinken, in derselben Weise, wie ich es bei Plasmodien angab. Die Umrisse der aufgeweichten Zelle ändern sich beständig, spitze Fortsätze und Ausbuchtungen bilden sich unter den Augen und werden wieder eingezogen. Wüsste man nicht, wie diese Gebilde entstanden, so würde man sie entschieden für Amoeben halten. Um die Beschreibung der weiteren Vorgänge zu erleichtern, will ich diese erste Entwickelungsstufe des Plasmodiums Myxoamoebe nennen, ohne im geringsten auf ihre Idendität mit ächten Amoeben zu deuten. Uebersieht man das Beobachtungsfeld, so stösst man leicht auf solche Myxoamoeben,

die in ihrem Innern eine oder mehrere, noch nicht aufgeweichte Zellen herumführen. Da von den letzteren viele auf dem Objectglase herumliegen, so braucht man nicht lange zu suchen, um eine Myxoamoebe zu finden, die im Begriff ist, die Zellen in sich aufzunehmen. Sie naht sich einer solchen und klebt an sie an. Im folgenden Momente sieht man, dass die Myxoamoebe die Zelle umzuhüllen beginnt, in der Art, wie die cupula die Eichenfrucht umgiebt. Die Umhüllung erhebt sich, bis sich ihre freien Enden an dem Scheitel der Zelle begegnen und zusammenfliessen. Mit der so verschlungenen Beute setzt die Myxoamoebe ihre gleitenden Bewegungen fort, um dasselbe an einer anderen, noch nicht aufgeweichten Kugel zu wiederholen. Ich brauche kaum zu bemerken, dass bei der Schnelligkeit der Vorgänge, bei der Leichtigkeit, mit welcher man die Entstehung der Myxoamoebe aus der Zelle verfolgen kann, der Einwurf, es könnte hier eine Verwechselung mit fremden Amoeben stattgefunden haben, ganz unzulässig erscheint.

Neben dem Verschlingen der nicht aufgeweichten Zellen geht noch ein anderer Vorgang vor sich, wodurch das Plasmodium allmälig entsteht; ich meine die Verschmelzung der Myxoamoeben. Diese geschieht in derselben Art, wie die der Plasmodienzweige. Wenn sich Myxoamoeben begegnen, gleichviel ob leer oder mit Zellen gefüllt, so kleben sie aneinander und unmittelbar darauf folgt das Ueberströmen der Schleimkügelchen von einer Myxoamoebe in die andere, auch hier den Beweis der vollständigen Verschmelzung liefernd. Auf diese Weise entstehen immer grössere Myxoamoeben, die sich schon ganz wie Plasmodien verhalten. Die verschlungenen Zellen mit den Schleimkugeln werden im Strome herumbewegt, neue Zellen werden angeeignet, dann aufgelöst und so schreitet die Verschmelzung fort, bis schliesslich aus früher getrennten Zellenhaufen ein einziges feinkörniges Plasmodium entsteht. Frische Zellenzustände geben nach etwa 6—10 Stunden fertige Plasmodien, die länger getrockneten brauchen zu diesem Verschmelzungsprocesse auch viel mehr Zeit. Die Ermittelung der Art und Weise, wie sich die Zellen im Plasmodium auflösen, ist für die Kenntniss dieser Körper höchst wichtig. Sollte sich herausstellen, dass sie sich von der Oberfläche aus nach und nach auflösen, etwa wie Stärkekörner bei der Keimung, so würde dies entschieden beweisen, dass es keine Zellen, sondern solide Körper sind. In den Plasmodien, die solche Zellen in grosser

Zahl im Strome führen, sieht man zwar, dass die Zahl der grösseren Kugeln immer geringer wird, dass man später nur kleine findet, die endlich auch verschwinden; allein dieses würde noch nicht die allmälige Auflösung beweisen. Die grösseren Zellen könnten zuerst im Innern des Plasmodiums mit seiner Masse verschmelzen, wie sie es sonst an seiner Oberfläche thun. Man würde dann im Strome nur die kleineren, noch nicht verschmolzenen finden. Bei ganz kleinen Plasmodien und Myxoamoeben, die nur wenig Zellen eingeschlossen, wo man den Vorgang leichter bewachen kann, gelang es mir noch nicht, über diesen Punkt ins Reine zu kommen.

Die Beobachtung, dass die Myxoamoeben die noch nicht aufgeweichten Zellen in sich aufnehmen, veranlasste mich, den Versuch anzustellen, ob die Plasmodien auch andere fremde Körper sich aneignen und sie etwa als Nahrung verwerthen können. Zu diesem Zwecke streute ich auf bewegliche Plasmodien Kartoffelstärke. Nach mehreren Stunden waren Haufen von Stärkekörnern im Strome herumgeschleppt, die Art des Verschlingens war ganz dieselbe, wie bei der Myxoamoebe. Die Stärkekörner wurden aber nicht aufgelöst und bei dem Uebergange des Plasmodiums in Zellenzustand unversehrt ausgestossen. Auch der Versuch, Plasmodien verschiedener Art, z. B. gelbes von Leocarpus und ein hellgraues von einer anderen, generisch verschiedenen Myxomycete in demselben Tropfen zu kultiviren, um sie vielleicht zu gegenseitiger Verschmelzung zu bewegen, schlug ganz fehl. Zweige der verschiedenen Plasmodien gleiten neben einander, umfliessen sich gegenseitig, ohne eine Spur von Verschmelzung aufzuweisen. Ob das Resultat immer negativ bleibt, wenn man Plasmodien von verwandten Species zum Experimente wählt, werden zukünftige Untersuchungen zu entscheiden haben.

Wenn auch der Beweis, dass das Plasmodium durch Aufnahme fremder Körper sich ernährt, durch das oben Mitgetheilte nicht geführt ist, so wird jedenfalls die Art der Aufnahme, wobei sich das Plasmodium und die Myxoamoebe activ verhält, für die Pflanze als etwas höchst Ungewöhnliches dastehen. Auch diese Thatsache wie alle anderen, die wir am Plasmodium wahrnehmen, bringt die Myxomyceten in die innigsten Beziehungen zu den Amoeben, Monaden u. s. w. Ob sie aber wirkliche Thiere sind oder der morphologischen Verwandtschaft wegen zu den Pilzen gehören?, die

Entscheidung dieser Frage scheint mir mehr von einer allgemeinen philosophischen Orientirung des Beobachters, als von den Thatsachen abzuhängen. Entweder man stellt von vorne herein zwischen den beiden organischen Reichen eine Grenze als unbedingt nothwendig auf, ohne ihre Nothwendigkeit beweisen und die Demarcations-Linie mit Kriterien schärfer bezeichnen zu können; oder, man lässt nur stufenweise Unterschiede gelten. Huldigt man der ersten Anschauung, so ist die Stellung zweifelhafter Organismen, wegen des Mangels an Kriterien, gar nicht lösbar. Es ist nichtsweniger als festgestellt, wieviel und welche von den entscheidenden Merkmalen dazu gehören, um in dem Grenzgebiete die Animalität eines Wesens ausser Zweifel zu stellen. Bekennt man sich zu der anderen Anschauung, so ist eine Gruppe von Organismen, wie die der Myxomyceten, wo so viele animalische Kennzeichen mit vegetabilischen innig verwebt erscheinen, nur ein vortrefflicher Beleg mehr für die Wahrheit des Princips. Die Abschaffung der Grenze bedroht die Wissenschaft, besonders die Systematik, nicht im Geringsten, denn die Untersuchungsmethode bleibt dieselbe, das genaueste Erforschen der Thatsachen nach allen Richtungen wird doch immer als die einzige Quelle des exacten Wissens zu betrachten sein.

Noch eine allgemeinere Frage wird durch das Studium der Myxomyceten auf das Lebhafteste angeregt. Alle Erscheinungen, die man an Plasmodien wahrnimmt, sind geeignet den Beobachter von der hergänglichen, sicheren Bahn auf die des Zweifels zu drängen. Das Fundament der morphologischen Forschung, die Zelle, lässt uns bei den Plasmodien vollständig im Stiche. Weder Zellenmembran, noch Kerne oder andere hystologische Elemente, sind mit dem besten Willen im vorliegenden Falle nachweisbar, und mag man das Zellenschema noch so drehen, so kann es entschieden auf das nackte fliessende Protoplasma der Myxomyceten nicht angepasst werden. Das Plasmodium verhilft somit den Beobachter, sich auf den kritischen Standpunkt zu erheben, an den die Zellenlehre in der letzten Zeit angelangt ist.

Zum Schluss will ich übersichtlich die thatsächlichen Haupt-Resultate meiner Untersuchung zusammenstellen.

1) Das Plasmodium (die bewegliche Protoplasmamasse der Myxomyceten) ist hüllenlos, es besteht aus einer hyalinen, ausser-

ordentlich dehnbaren, contractilen und einer kernig flüssigen Substanz.

2) In der hyalinen Substanz der Plasmodien, in den Zellen, aus welchen sie entstehen, sowie auch in den amoebenartigen Körpern, die aus den Letzteren sich bilden (Myxoamoeben), sind contractile Räume vorhanden.

3) Plasmodien, besonders die Myxoamoeben, verschlingen fremde Körper in derselben Art, wie es Amoeben thun.

4) Durch allmäliges Verschmelzen der Myxoamoeben, durch Verschlingen der Zellen und ihrer Auflösung entsteht das Plasmodium.

5) Zwei Plasmodien von generisch verschiedenen Myxomyceten verschmelzen nicht mit einander.

Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin.

Inhalt.

Ueber die Zellstofffäden
in der
vorderen Aussackung des Embryosacks von Pedicularis silvatica.

Von
Hermann Schacht.

Die Bildung eigenthümlicher, aus Zellstoff bestehender Fäden, welche den Hohlraum der vorderen Aussackung des Embryosacks im halbreifen Samen von Pedicularis silvatica durchziehen und auf welche ich schon im Jahre 1850*) aufmerksam gemacht, hat mich im letzten Sommer (1862) wiederum beschäftigt. Sie erinnert an gleiche Zellstofffäden bei der einzelligen Algengattung Caulerpa, steht auch unter den Phanerogamen nicht mehr vereinzelt, ist vielmehr durch Hofmeister in ähnlichen Aussackungen des befruchteten Embryosacks bei Veronica triphyllos und Plantago lanceolata nachgewiesen**). Bei der Bedeutung, die diese Erscheinung für die Bildung des Zellstoffs aus dem Protoplasma überhaupt gewinnt, halte ich es für gerechtfertigt, obigen Vorgang für Pedicularis näher zu beschreiben, muss dafür aber mit der Entwickelungsgeschichte der Samenknospe beginnen.

Die Samenknospe von Pedicularis silvatica ist, wie bei allen Scrophularineen, nur mit einem einfachen Integument versehen, welches den anfangs cylindrischen, nur wenig gekrümmten, Knospenkern umkleidet. Aus einer Zelle des letzteren entsteht darauf der Embryosack, welcher, sich mächtig ausdehnend, zuerst das Gewebe des Knospenkerns an seiner Spitze und später auch den Rest des-

---

*) H. Schacht, Entwickelungsgeschichte des Pflanzen-Embryo p. 110.
**) W. Hofmeister, Abhandlung d. K. S. Ges. der Wissenschaften, VI. p. 613, 620, 624.

selben an seinem Grunde vollständig verzehrt. So sehen wir auf Fig. 1. den Embryosack (se) als eine lange, etwas gekrümmmte cylindrische Zelle, welche ausser einem Zellkern feinkörniges Protoplasma im Zellsaft vertheilt, enthält, vom einfachen Integument (is) umschlossen und nur am Grunde noch von einem Rest des Knospenkerns (nc) umhüllt ist. Um diese Zeit bilden sich im Knospenmundende des Embryosacks die beiden dicht neben einander liegenden Keimbläschen*) und es erfolgt wenig später durch den Antritt des Pollenschlauchs die Befruchtung, in Folge deren das eine der Keimbläschen schlauchförmig auswächst und fast bis zur Mitte des Embryosacks vordringt. (Fig. 2., 3., 7. u. 8.) Bald nach der Befruchtung beginnt der Theilungsprocess im Embryosack und finden wir zuerst eine Längsreihe von Zellen, welche den ganzen Raum des Embryosacks ausfüllt. Die beiden Endzellen dieser Längsreihe zeichnen sich schon um diese Zeit durch ihren Inhalt vor den übrigen aus (Fig. 2. a u. b); sie besitzen zwar, wie die anderen, einen Zellkern, sind aber mit dunklen Körnchen reichlich erfüllt, während jene, mehr in der Mitte des Embryosacks gelegenen Zellen einen wasserhellen, kaum durch Protoplasma-Körnchen getrübten Zellsaft führen. Die Zelle a, von relativ bedeutender Grösse, bildet bei c einen rundlichen, im Gewebe des einfachen Integuments liegenden, Auswuchs, die Zelle b dagegen ist nur klein und entspricht ihrer Lage nach den Gegenfüsslern anderer Phanerogamen. Die Zellen der Mitte sind die ersten Mutterzellen für das Endosperm; bei f hat bereits eine Theilung senkrecht auf die vorhandene Scheidewand statt gefunden und bald darauf sehen wir durch solche Theilung, statt einer Reihe dieser Mutterzellen, zwei Längsreihen die Mitte des Embryosacks ausfüllen (Fig. 7 u. 8). In den Zellen a und b dagegen sind wenigstens durch Theilung keine Tochterzellen entstanden und beide füllen sich auch niemals mit einem wirklichen Zellgewebe. Die Zelle a, welche zwar sehr zartwandig, aber, wo sie die Mutterzellen des Endosperms berührt, dennoch scharf begrenzt ist, zeigt in Fig. 7 zahlreiche Vacuolen verschiedener Grösse, von denen einige das Ansehen freier Zellen besitzen, indem sie einen mehr oder weniger deutlichen Zellkern zu enthalten scheinen. Auf Fig. 8, einem, wie das befruchtete Keimbläschen (em) beweist, nur wenig späteren Zustande, sind die Vacuolen und freien Zellen bereits verschwunden, dagegen

*) W. Hofmeister in der genannten Abhandlung Taf. XX.

hat sich das Protoplasma in Ströme geordnet, welche in mannigfacher Richtung, von der Peripherie ausgehend, durchs Innere der Zelle verlaufen, deren Bewegung aber an dem abgebildeten Präparat von mir nicht beobachtet wurde. Der Auswuchs o hat sich bis jetzt noch wenig vergrössert*). Mit der Zelle b verhält es sich ähnlich, ihr sehr deutlicher Zellkern ist von Protoplasma-Strömen, die bis zur Peripherie der Zelle gelangen, umgeben. Bei der weiteren Ausbildung des Sameneiweisses im mittleren Theile des Embryosacks, gehen auch in der Zelle a Veränderungen vor; der Auswuchs c verlängert sich nämlich zu einem anfangs cylindrischen (Fig. 3), später sich noch erweiternden Sacke, der, indem er sich vergrössert, das Gewebe des Integuments, das ihn umgiebt, resorbirt; der unter dem Knospenmund endigende Theil, in welchem das schlauchförmig verlängerte Keimbläschen herabstieg, vergrössert sich dagegen nicht mehr. In allen Theilen der Zelle a begegnet man jetzt, wenn *es* gelingt, dieselbe ohne Verletzung nach einer Seite vollständig freizulegen, einer sehr lebhaften Protoplasma-Strömung. Zahllose Ströme von verschiedener Stärke und Anordnung durchkreuzen das Innere der Zelle und sind durch die vielen dunklen Körnchen, welche sie mit sich fortbewegen, leicht wahrzunehmen. Ich konnte diese Bewegung bisweilen längere Zeit (über 15 Minuten) verfolgen und hier und da eine Aenderung der kleinen Ströme wahrnehmen; dann aber zog sich, durch Einwirkung des Wassers auf den Objectträger, allmählig der Inhalt zusammen, wodurch die Wand der Zelle frei wurde. Dieselbe erschien in denjenigen Fällen, wo die Embryoanlage erst aus einigen Zellen gebildet war, noch zart und glatt; wenn dagegen die Embryoanlage schon zu einer kleinen, aus mehreren Zellen bestehenden, Kugel geworden, war auch die Wand der Zelle a und namentlich deren Aussackung (c) etwas stärker verdickt und an ihrer inneren Seite mit sehr feinen, netzförmigen Auflagerungen bedeckt, von welchen vielfach äusserst zarte und durchsichtige Fäden ins

*) Das schlauchförmig verlängerte Embryobläschen ist auf Fig. 8. durch die Zelle a dicht an die Wand des Embryosacks gedrängt, was auf der vorhergehenden Figur, wahrscheinlich wegen der zufälligen Lage des Präparats, nicht sichtbar ist. Der Zellkern, welcher in der Zelle b sehr deutlich, ist in der Zelle a nur selten wahrnehmbar, was anfänglich durch die zahlreichen Vacuolen und später durch die sich vielfach durchkreuzenden Protoplasmaströme und die Menge des körnigen Inhalts erklärlich ist. In jüngeren Zuständen habe ich ihn immer und auch später noch bisweilen deutlich wahrgenommen.

Innere der Aussackung verliefen. Von nun ab war die Bewegung des Protoplasma, da sich die Aussackung noch etwas vergrössert und ihr Inhalt durch Vermehrung der Körnchen verdunkelt hatte, nicht mehr deutlich wahrzunehmen; mässig zarte Längsdurchschnitte durch dieselbe zeigten dagegen ein zierliches Netzwerk der feinsten, sich unregelmässig durchkreuzender Fäden, welches alle Theile der Zelle a, vorzüglich aber die Aussackung, durchzieht und häufig noch so weich ist, dass es den Druck eines Deckglases kaum verträgt. Dieses Netzwerk zarter Fäden, welches jetzt durch Jodlösung gelb und durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt wird, verdickt sich zusehends und wird gleichzeitig fester. Wenn die Embryoanlage so weit gediehen ist, dass sich die Anfänge der beiden Samenlappen bilden, erscheint das Netzwerk der genannten Fäden auf zarten Längsdurchschnitten durch die Aussackung c schon stärker verdickt; die Fäden, welche durch die Mitte verlaufen, sind farblos, durchsichtig und stielrund, sie sind vielfach und unregelmässig verzweigt und mit den Nachbarfäden mannigfach verbunden, genau so, wie vormals die Fäden der Saftströmung erschienen; der innere Theil der Wandung aber ist mit viel zarteren, netzförmig dicht verwebten Fäden überdeckt, aus welchen die stärkeren hervorgehen, entsprechend den kleineren, netzförmig längs der Peripherie verbreiteten Protoplasmaströmen, von welchen die stärkeren, durch die Mitte der Zelle verlaufenden Ströme ausgingen. Das Netzwerk der kleineren sowohl als der grösseren Fäden widersteht jetzt einem mässigen Drucke und wird nunmehr durch Jod und Schwefelsäure hellblau gefärbt. Wenn der Same halb gereift ist, und der Keim schon zwei fast ausgebildete Samenlappen besitzt (Fig. 4), erscheint das Netzwerk dieser Zellstofffäden noch dicker und fester, desgleichen durch spätere Bildung zarterer Fäden, welche die stärkeren mit einander verbinden, complicirter als vormals; es ist jetzt so fest, dass sich mit scharfen Rasiermessern die zartesten Längslamellen durch die ganze Aussackung darstelleen lassen, welches am besten durch Einklemmen der Samen zwischen Fliederwerk geschieht. Wenn die so gewonnenen, unmessbar zarten Längsschnitte mit einem Pinsel unter Wasser, zur Entfernung des körnigen Inhalts, sanft betupft worden, erhält man Präparate, welche der Fig. 9. entsprechen, und sowohl die stärkeren Fäden, welche durchs Innere der Aussackung verlaufen, als auch deren Hervorgehen aus den viel zahlreicheren und schwächeren Fäden der Peripherie aufs

Deutlichste zeigen. Eine Schichtung der nunmehr nicht unbedeutend verdickten Wand der Zelle a, desgleichen der von ihr ausgehenden Fäden ist nicht zu erkennen, dagegen erscheinen die letzteren auf dem dunklen Felde des Polarisations-Mikroscopes im hellen Lichte und verhalten sich bei eingeschalteter Gypsplatte optisch-negativ. Jod und Schwefelsäure bewirkt jetzt eine intensiv blaue Färbung, sowohl der verdickten Wand als auch der von ihr ausgehenden Fäden. Am vollkommen gereiften Samen endlich ist der mittlere Theil, welcher das Sameneiweiss enthält, orangegelb, das vordere und hintere Ende aber, welche die Zellen a und b umschliessen, nur hellgelb gefärbt; die weite Aussackung der Zelle a ist, obschon sie jetzt ihren Zellsaft verloren hat, nicht zusammengesunken, vielmehr als eigenthümlich gestalteter Auswuchs am reifen Samen vorhanden (Fig. 6).*) Das Netzwerk der Fäden hat sich, wie Längs- und Querschnitte durch die Aussackung zeigen, noch mehr verdickt und ist noch fester geworden, durch Jod und Schwefelsäure wird es nicht mehr blau gefärbt, und von concentrirter Schwefelsäure nur langsam angegriffen; es ist verholzt. Von dem einfachen, ursprünglich fleischigen Integument sind jetzt, und zwar nach der Oertlichkeit verschieden, nur noch wenige Zellenreihen vorhanden und ist die äusserste derselben, also die eigentliche Oberhaut des Samens, durch Bildung zierlicher Spiralbänder verdickt. Die Zelle b, die gleichfalls beim reifen Samen nicht zusammenfällt, ist von einem ähnlichen, jedoch weniger entwickelten Fadennetz, als die Zelle a, erfüllt (Fig. 4), das hornartige, den kleinen Keim umschliessende Sameneiweiss aber von einer dicken, das Licht stark brechenden citronengelben, scheinbar strukturlosen Membran, Fig. 9f, umhüllt, welche, wie ich vermuthe, durch ganz allmälige Veränderungen aus der Zellschicht f der Fig. 7 entstanden ist.

Vergleichen wir diese Vorgänge bei Pedicularis silvatica mit ähnlichen Erscheinungen bei Veronica hederaefolia, so finden wir auch hier in den noch wunderlicher gestalteten Aussackungen des Embryosacks, welche aus dem Integument hervorbrechen, ein ähnliches Netzwerk zahlloser Protoplasmafäden, welche zu einer gewissen Zeit, wenn der Embryo schon seine Samenlappen ange-

*) Der reife Same von Pedicularis silvatica dagegen, ist in seiner, das Endosperm enthaltenden Mitte rosenroth gefärbt. Die Aussacknng der Zelle a, welche hier viel weniger entwickelt ist, sinkt bei der Reife zusammen, weil keine Zellstofffäden das Innere derselben ausfüllen. Das Gewebe des Integuments der reifen Samenknospe besteht aus verdickten, zierlich porösen, gelbgefärbten Zellen.

legt hat, durch Anwendung von Zuckerwasser und Salzlösungen nicht mehr zusammenfallen und sich sogar in Oelsüss aufbewahrt, für die Dauer ohne Veränderung erhalten. Die Fäden des Netzwerkes sind, wie bei Pedicularis, an der Peripherie der Aussackung am zahlreichsten und zartesten, sie vereinigen sich, wie dort, zu stärkeren, vielfach verzweigten Fäden, welche durch die Mitte der Zelle verlaufen, sind farblos und durchsichtig, während der Zellsaft dunkle Körnchen enthält. Die Wand der Aussackung ist verdickt, lässt aber keine Schichtung wahrnehmen und die innere Oberfläche derselben erscheint, wie bei Pedicularis, durch unregelmässige Erhebungen uneben. Mit der Reife des Samens erstarrt das Fadennetz noch mehr, was mit Hofmeister's Angaben für Veronica triphyllos übereinstimmt. Nach letzterem erscheint*) „die obere Anschwellung des Embryosacks genannter Pflanze durchsetzt von einem vielfach verästeltem Flechtwerk aus ungleich dicken, nach allen Richtungen strahlenden Strängen zäher Gallerte, die durch Quetschung sich breit drücken lassen. Die Substanz derselben bricht das Licht nur wenig stärker, als die Flüssigkeit in den kleinen isodiametrischen Hohlräumen zwischen ihnen. Die Gallerte ist gegen die kurz dauernde Einwirkung selbst concentrirter Lösungen von Salzen und Alkalien, sowie von Mineralsäuren sehr unempfindlich. Die Erscheinung ist offenbar dem Zellstoffbalken in der Aussackung des Embryosacks von Pedicularis analog. Bei monatelangem Liegen der Präparate in Glycerinlösung löset sich dieses System von Gallertsträngen stellenweise von der Wand des Embryosacks ab und zieht sich auf einen kleineren Raum zusammen. In älteren, der Reife nahen Samen sind die Stränge dagegen völlig starr und mit der Embryohaut fest verbunden.“ Leider hat sowohl Hofmeister als ich versäumt, beim reifen Samen auf Zellstoff zu prüfen; bei Plantago lanceolata**) dagegen hat ersterer „noch vor dem Sichtbarwerden der Cotyledonen am Embryo, in den im Allgemeinen cylindrischen Ausstülpungen des Embryosacks, ein Netzwerk viel verästelter Querbalken aus Zellhautstoff, von dem bei Pedicularis sylvatica vorkommenden nur durch grössere Dünne der Balken verschieden“ nachgewiesen.

Wenden wir uns jetzt zur Caulerpa, so erscheint in den jüngsten Theilen dieser wunderbaren Pflanze, die ich leider nur in auf-

*) W. Hofmeister p. 690.

**) W. Hofmeister p. 624.

geweichtem Zustande untersuchen konnte, die Zellwand noch sehr zart und an der inneren Seite vollkommen glatt; darauf zeigt sich ein zartes Netzwerk verworrener halbfester Fäden; demnächst erscheinen festere cylindrische Fäden, die oft schon von der einen Seite der Wand bis zur anderen reichen und unregelmässig verzweigt sind; diese aber vermehren sich mit dem Alter des betreffenden Theiles, und werden, wie die Wand selbst, immer dicker. Am besten verfolgt man die Bildung der Zellstofffäden bei dem wurzelähnlichen Theilen der Caulerpa, welche an ihrer Spitze wachsen und sich vielfach und unregelmässig verzweigend, neben einander die verschiedensten Entwickelungszustände, vom kaum entstandenen Wurzelzweig bis zur mehrjährigen Wurzel (man erlaube mir diese zwar anatomisch unrichtige, dagegen morphologisch und physiologisch richtige Bezeichnung) derselben, wobei unter Anwendung von Aetzkalilösung in den jüngeren Theilen sehr häufig die erhärteten Protoplasmafäden deutlich hervortreten *) und der körnige Inhalt sich bald ohne, bald mit Hinterlassung sehr zarter, fester, mit der Wand verbundener Fäden, von der letzteren zurückzieht. Das fertige Netzwerk fester Zellstofffäden erscheint dagegen am ausgebildetsten in den cylindrischen, stengelartigen Theilen dieser Pflanzen und kann nach dem Alter derselben sowohl eine Zunahme in der Verdickung der Wand, als auch der von ihr ausgehenden stielrunden Zellstofffäden wahrgenommen werden. Die Wand ist dazu in ausgezeichneter Weise geschichtet, und gehen die Fäden zum grössten Theil von den ältesten Verdickungsschichten aus, sind deshalb an ihrer Basis von den späteren Schichten, welche die Wand verdicken, umhüllt (Fig. 11). Sie zeigen in ihrer Anordnung eine grosse Uebereinstimmung mit den Zellstofffäden der Pedicularis silvatica, indem auch hier in den meisten Fällen zwei schwächere, von der Wand ausgehende Fäden sich zu einem stärkeren Faden vereinigen, der seinerseits im Innern der Zelle aufs Unregelmässigste verzweigt und mit den benachbarten Fäden zu einem Netzwerk verbunden ist. In den jüngeren Theilen der Caulerpa sind diese Fäden nicht stärker als bei Pedicularis, in den älteren dagegen werden sie noch zwei- und dreimal so stark, und dem entsprechend wird, bei wahrscheinlich mehrjähriger Lebensdauer, auch die Zellwand selbst immer dicker. In

*) Ich habe mehrere Caulerpaarten (C. scalpelliformis, C. filiformis, C. Lycopodii, C. Freycinetii u. C. prolifera) untersucht, beziehe mich hier aber auf letztere.

den Zellstofffäden selbst ist eine Schichtung nur undeutlich wahrzunehmen, und doch muss eine solche vorhanden sein, weil sie querdurchschnitten unter dem Polarisations-Mikroskop auf dunklem Felde ein regelmässiges Polarisationskreuz (Fig. 12) erzeugen.

Der Querschnitt durch den Stengel der Caulerpa prolifera verhält sich bei eingeschalteter Gypsplatte optisch-positiv, und treten die Zellstofffäden auf dem dunklen Gesichtsfelde (ohne Gypsplatte) nicht mit so hellem Lichte als die Wand hervor. Sie werden auch beim Erhitzen mit chlorsaurem Kali und Schwefelsäure etwas später, als die deutlich geschichtete Wand, welche leicht und vollständig aufgelöst wird, angegriffen. Der Zellstoff der Caulerpa wird erst nach der Behandlung mit Aetzkali, worin er ein wenig aufquillt, durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt, er ist in concentrirter Schwefelsäure löslich.

Wenn wir nun die Zellstoffbildung in der Aussackung des Embryosacks von Pedicularis mit der von Caulerpa vergleichen, so besteht der Unterschied nur darin, dass die Wandverdickung bei der ersteren keine Schichtung zeigt und an der inneren Fläche gewissermassen unfertig erscheint, d. h. gegen das ihm anliegende dickflüssige und körnige Protoplasma nicht scharf begrenzt ist, während die Wand von Caulerpa bis zur innersten Grenze in ausgezeichneter Weise geschichtet auftritt. Ein Querschnitt durch die Aussackung von Pedicularis verhält sich optisch-negativ, bei Caulerpa dagegen optisch-positiv. Die Zellstofffäden treten bei Pedicularis auf dem dunklen Felde des Polarisations-Mikroskopes (ohne Gypsplatte) im helleren Lichte als die verdickte Wand hervor, worauf ich jedoch wenig Gewicht lege, weil die relative Dicke des Präparates hier in Betracht zu kommen scheint. Die Wand sowohl als auch die Fäden werden durch Jod und Schwefelsäure sofort schön blau gefärbt, verholzen aber später, während bei Caulerpa erst nach Anwendung von Aetzkali die blaue Färbung des Zellstoffes eintritt.

Wir haben bei Pedicularis und bei Caulerpa die Bildung des Zellstoffs aus dem Protoplasma direct wahrgenommen, ja bei der ersteren sogar eine lebhafte Bewegung desselben in bestimmten Bahnen beobachtet, welche später durch ein entsprechendes Netzwerk von Zellstofffäden bezeichnet werden. Wir haben gesehen, dass, wie die Wand, so auch die Zellstofffäden, so lange das Leben der Zelle und mit ihm die Thätigkeit des Protoplasma fortdauert, an Dicke zunehmen und dürfen für Caulerpa, wo in den jüngeren

Theilen der Pflanze erhärtete Protoplasmaströme nachzuweisen sind, und ein stätiges Zunehmen der Wand wie der Zellstofffäden an Dicke stattfindet, mit vollem Recht eine gleiche Protoplasma-Bewegung mit Ausscheidung von Zellstoff voraussetzen.*) Bei Pedicularis und Veronica haben wir die allmäligen chemischen und physicalischen Veränderungen des Protoplasma verfolgt, welche darin bestanden, dass sich bei der Bildung des Netzwerks das bis dahin körnige Protoplasma in den betreffenden Fäden aufhellte und eine festere, nicht mehr flüssige Consistenz annahm, dann allmälig immer durchsichtiger und fester wurde und zuletzt auch die chemischen Reactionen des Zellstoffs gewann, ganz so, wie Pringsheim die Bildung der Hautschicht aus der Körnerschicht des Protoplasma, und die Umwandlung des ersteren in Zellstoff beschrieben hat.

Für die Umwandlungen aber, welche die stickstoffhaltigen im Zellsaft vertheilten Stoffe erfahren, will ich noch auf das Sameneiweiss von Zea Mais verweisen, dessen Zellen im halbreifen Zustande neben kleinen, um den Zellkern angeordneten Stärkmehlkörnern viele sehr kleine, durch Jod sich gelbfärbende, Körnchen im Zellsaft enthalten; im vollkommen reifen Zustande aber von grösseren Stärkmehlkörnern dicht angefüllt sind, welche in einer durch Jod sich gelbfärbenden festen Masse eingebettet erscheinen. Letztere bleibt, wenn man sehr zarte Querschnitte durch das Sameneiweiss mit verdünnter Salzsäure behandelt, und dadurch das Stärkmehl auflöst, als festes, sogar dem mässigen Drucke des Compressoriums widerstehendes Gerüst zurück und giebt den grossen Endosperm-Zellen das Ansehen, als ob sie mit einem Gewebe sehr kleiner und zarter Zellen angefüllt wären (Fig. 13). Der erhärtete Stoff, aus welchem dieses Scheingewebe besteht, ist zwar durchsichtig, aber noch etwas körnig, er wird durch Jod gelb gefärbt, durch Jod und Schwefelsäure nicht blau und speichert lösliche organische Farbstoffe (Carmin) begierig auf, scheint demnach noch jetzt stickstoffhaltig zu sein, und darf deshalb als eine feste Modification des Protoplasma angesehen werden**). Die allmäligen

---

*) Auch Nägeli vermuthet bei Caulerpa das Entstehen der Zellstoffbalken durch Protoplasmaströmung. (Schleiden u. Nägeli, Zeitschrift für Botanik Heft I.)

**) Die Stärkmehlkörner lösen sich in verdünnter Salzsäure etwa innerhalb 6—8 Tagen. Das zurückbleibende Scheingewebe in den Zellen, welches sich in Glycerin sehr gut für die Dauer aufbewahren lässt, löst sich beim Erwärmen in Kalilösung zu einer körnigen Masse auf, so dass die aus Zellstoff bestehende

chemischen Veränderungen der Stoffe im Pflanzenreich können wir leider nur durch die sich allmälig verändernden chemischen Eigenschaften unter dem Mikroskope, nicht aber direct mit dem Reagensglase und der Wage verfolgen. Diese allmäligen Umwandlungen durch den Lebensprozess der Pflanzen aber, bei welchen der eine chemische Stoff entfernt, und für ihn, eben so allmälig, ein anderer aufgenommen wird, erhalten übrigens eine kräftige Stütze in der Umwandlung des Zellstoffs in Pyroxylin (Schiessbaumwolle), die weniger allmälig im chemischen Laboratorio bewirkt wird, ohne Veränderungen in den anatomischen Verhältnissen der Zellwand (bei der Baumwolle) zu veranlassen. Wenn aber hier 2 Atome einer stickstofffreien Verbindung, des Zellstoffs (C^{12} H^{10} O^{10}), nach Pélouze 3 Atome Wasser abgeben und dafür 5 Atome Salpetersäure (NO^5), also Stickstoff, in sich aufnehmen können, so wird auch umgekehrt ein stickstoffhaltiger Körper (das Protoplasma) seinen Stickstoff abgeben und anderweitig ersetzen können.*)

Schon früher habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie die Bildung jener Zellstofffäden bei Pedicularis durch vorhergehende Protoplasmaströme und deren Verdickung durch eine Fortdauer der Protaplasma-Thätigkeit, ein Licht auf die Verdickungsweise der Zellwand überhaupt verbreitet, indem sämmtliche Formen der Zellstoffablagerung auf die primäre Zellwand aus der Art und Weise der Protoplasma-Vertheilung, respective Bewegung zu erklären sind, weshalb auch, weil bekanntlich die Protoplasmaströme ihre Bahn verändern können, verschiedene Verdickungsformen über einander liegend in derselben Zellwand auftreten, wofür die Bastzellen mit wechselnder und deshalb sich kreuzender Streifung in den Verdickungsschichten ein Beispiel liefern. Ist aber die Richtung des Protoplasmastromes im Innern der Pflanzenzelle, wenn auch nicht die alleinige, so doch eine der ersten Ursachen der Formen in den Verdickungsschichten, so muss das Verdickungsband der Spiralgefässe in einem Protoplasmastrome, der in der ursprünglichen Richtung des Spiralbandes, demnach in

---

Wand der Endospermzellen wieder frei wird. In demjenigen Theile des Sameneiweisses, welcher durchscheinend und hornartig ist, fehlt die Luft gänzlich und sind die Zellen von den Stärkmehlkörnern und dem erhärteten Protoplasma vollständig erfüllt. Die weissen Partien dagegen enthalten noch etwas Luft und ist in ihren Zellen das Scheingewebe nicht so vollständig ausgebildet.

*) Die Formel der Schiessbaumwolle ist nach Pélouze C^{24} H^{17} O^{17} $+ 5\, NO^5$.

nahe auf einander folgenden Schraubenwindungen verläuft, seine Ursache finden; jeder Ring dagegen würde einem Protoplasmastrome, der in sich selbst zurückläuft, sein Entstehen verdanken, und die netzförmigen Verdickungen müssten durch netzförmige Ströme längs der Wandung entstehen. Der Uebergang des Spiralbandes zum Ringe, dem wir in derselben Zelle so häufig begegnen, würde hier nichts anderes als eine geringe Richtungsverschiedenheit der Protoplasmaströme in verschiedenen Höhen derselben Zelle andeuten.*)

Für die Primordial-Schlauch-Theorie sind endlich die beschriebenen Vorgänge in der vorderen Aussackung von Pedicularis silvatica und die sich an selbige anreihenden Erscheinungen bei Caulerpa vernichtend. Der Primordialschlauch soll bekanntlich, als stickstoffhaltige innerste Membran der Pflanzenzelle, an seiner äusseren Fläche den Zollstoff abscheiden und dadurch sowohl die primäre, aus Cellulose bestehende Membran, als auch deren Verdickungsschichten erzeugen; seine Thätigkeit wäre also nach Aussen gerichtet und derselbe zur Bildung der erwähnten, das Innere der Zelle durchziehenden, Zellstofffäden nicht ausreichend. Wollte man aber zu einer Einstülpungs-Theorie der complicirtesten Art seine Zuflucht nehmen, und jene Zellstofffäden für Ausscheidungen in die fadenförmigen Räume der so gestalteten Primordial-Schlauch-Einstülpungen erklären, so stände dem die sehr lebhafte Strömung des Protoplasma in denselben Bahnen der nachherigen Zellstofffäden im Wege und müsste man sich zu der von T. Hartig aufgestellten, aber von Niemandem ausser ihm vertheidigten, Ansicht einer Protoplasmaströmung innerhalb feiner Kanäle bequemen, dann aber, was die Anhänger des Primordialschlauchs nicht wollen, erst recht eine directe Umwandlung des Protoplasma in Zellstoff zugeben. Wenn man dagegen sich unbefangen an die directe Beobachtung hält und die Thatsachen erklärt nach den Vorgängen, die sich für Pedicularis silvatica unter dem Mikroskope deutlich zeigen, so muss man eine allmälige Umwandlung der Protoplasmaströme in Zellstofffäden und eine Verdickung der letzteren durch Fortdauer der Protoplasmabewegung in den alten Bahnen, desgleichen eine Bildung neuer Fäden zwischen den vorhandenen durch Auftreten neuer Zwischenströme, annehmen; eine Erklärung,

*) Meine Beiträge zur Pflanzen-Anatomie und Physiologie. Berlin, 1854. p. 258.

welche mit den sorgfältigen und scharfsinnigen Beobachtungen Pringsheim's über die Umwandlung der Hautschicht des Protoplasma in Zellstoff aufs Schönste harmonirt und dieselben kräftig unterstützt.

Erklärung der Abbildungen.

(Die Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet und ist die Vergrösserung neben jeder Figur als Bruchzahl angegeben.)

Taf. XIV. und XV.

Fig. 1—9. Pedicularis silvatica.

Fig. 1—4. Verschiedene auf einander folgende Entwickelungszustände der Samenknospe im Längsschnitt; Fig. 1. vor der Befruchtung; Fig. 2. bald nach derselben; Fig. 3. zur Zeit, wo die Protoplasmabewegung in der vorderen Aussackung (c) des Embryosackes in voller Thätigkeit ist und die Bildung der Zellstofffäden beginnt; Fig. 4. kurz nach der Samenreife. is das einfache Integument; nc der Knospenkern (nucleus); se der Embryosack; em der Embryo oder die Anlage desselben; m die Mykropyle; tp Pollenschläuche; a die oberste Tochterzelle des Embryosacks, x der Theil derselben, in welchem die Keimbläschen liegen und in welchem deshalb das befruchtete und schlauchförmig verlängerte Keimbläschen abwärts steigt, c die Aussackung; b die unterste Tochterzelle des Embryosacks. edp auf Fig. 2. die ersten Mutterzellen des Endosperms, auf Fig. 3. u. 4. dagegen das Gewebe des Endosperms selbst.

Fig. 5. Ein Querschnitt durch die fast reife Samenknospe in der Höhe, wo der Embryo liegt. Die Bezeichnung, wie bei den vorigen Figuren. em die beiden Samenlappen des Keimes.

Fig. 6. Ein vollkommen reifer Samen. a b c wie oben.

Fig. 7. Ein Längsschnitt durch die Samenknospe in dem Entwickelungszustand der Fig. 2. Das einfache Integument ist an der linken Seite grösstentheils entfernt.

Fig. 8. Ein ähnliches Präparat aus derselben Zeit, mit Weglassung des Integuments gezeichnet.

Fig. 9. Der als y—z bezeichnete punktirte Theil der Fig. 4., bei 250maliger Vergrösserung, die Zellstofffäden bei a und e sind, wie die übrigen Verhältnisse, mit der Camera lucida aufs Genaueste projectirt. f eine, das Licht stark brechende, scheinbar structurlose, dicke, fast goldgelbe Membran, welche das Sameneiweiss (edp) umgiebt, und wie ich vermuthe, durch allmälige Umwandlung der Zellschicht f der Fig. 7. entstanden ist.

vorderen Aussackung des Embryosacks von Pedicularis silvatica.

Fig. 10—12. Caulerpa prolifera.

Fig. 10. Querschnitt durch den älteren stengelartigen Theil der Pflanze.

Fig. 11. Eine Partie dieses Querschnitts bei stärkerer Vergrösserung.

Fig. 12. Zwei Zellstofffäden im Querdurchnitt, wie selbige auf einem Flächenschnitte durch die verdickte Wand der Caulerpa leicht darzustellen sind. Die Schichten der Zellwand, welche die durchschnittenen Fäden umgeben, erscheinen vorzugsweise in hellem Lichte und verlängern sich die Arme des Kreuzes bis zu ihnen. Bei eingeschalteter Gypsplatte erscheint der äussere Theil des Kreuzes optisch positiv.

Fig. 13. Zea Mays.

Fig. 13. Zwei Zellen aus dem Querschnitt durch das Sameneiweiss des reifen Samens, nach der Behandlung mit Salzsäure, durch welche die Stärkmehlkörner aufgelöst wurden.

Bonn, im November 1862.

Ueber ein neues Secretions-Organ im Wurzelstock von Nephrodium Filix mas.

Von

Hermann Schacht.

Bei einer mikroskopischen Untersuchung verschiedener Droguen aus dem Pflanzenreiche überraschte mich in diesem Frühjahr (1862) das Auftreten eines grüngefärbten Harzes in den weiten Intercellularlücken des Gewebes von Nephrodium Filix mas; das Harz erschien als Ueberzug einer kugeligen Luftblase. In den Lehrbüchern der Pharmacognosie von Berg*) und Schleiden suchte ich vergebens nach Aufschluss über diese räthselhafte Erscheinung, über welche eine sorgfältige Untersuchung des frischen Wurzelstocks mir bald die gewünschte Aufklärung gewährte.

Ein im März ausgegrabener Wurzelstock zeigte, der Länge nach durchschnitten, ein schön hellgrüngefärbtes Rinden- und Markgewebe, welches in der bekannten Weise durch den Gefässbündelring getrennt wurde und sich in die Wedelstiele fortsetzte. Dieses Gewebe erschien in den älteren, bereits ausgewachsenen Theilen des Wurzelstocks aus weiten Parenchymzellen gebildet, welche reichlich mit länglich runden Stärkmehlkörnern, desgleichen mit Blattgrün, erfüllt waren, aber keine Oeltropfen enthielten. Ohne regelmässige Anordnung erschienen in diesem Gewebe zahlreiche Inter-

*) O. Berg sagt in seiner Pharmacognosie, Aufl. 2. p. 26: „Das Zellgewebe enthält viel Amylum in kleinen Körnern, welche in der Mitte der Zellen zusammengeballt liegen, und eine grüne fettige Materie.“ Schleiden aber erwähnt der Zellen und ihres Inhalts gar nicht. Im naturhistorischen Vereine des Preussischen Rheinlandes habe ich bereits eine kurze Mittheilung gegeben. (Cölnische Zeitung vom 6. August 1862 u. Sitzungsbericht des Vereins p. 166.)

cellularlücken von verschiedener Grösse (Fig. 1.), welche in den ältesten Theilen des Wurzelstocks die schon erwähnten mit grünem Harz überzogenen Luftblasen enthielten (Fig. 2. u. 3.), in den noch nicht vollständig ausgewachsenen Theilen dagegen eine besondere Zelle als Secretions-Organ dieses Harzes erkennen liessen.

Von einer der Zellen, welche die Intercellularlücken begrenzen, getragen, erschien diese Zelle am Grunde stielartig verengert, um sich darauf kugelförmig zu erweitern. Nur die Kugel secernirt das grüngefärbte Harz, dessen Menge nach dem Alter des Organs verschieden ist, der Stiel bleibt frei von jeder Aussonderung (Figur 4—6.). Während die Parenchymzellen des Gewebes viel Stärkmehl und kein Oel enthalten, findet sich in genanntem Secretions-Organe keine Stärke, und nach dem Alter desselben mehr oder weniger körniges Protoplasma, welches später mit dem Zellkern ganz verschwindet, bis endlich auch der wasserhelle Zellsaft verloren geht und Luft den Hohlraum ausfüllt. Kochender Alkohol und kochender Aether lösen den Harzüberzug des Secretions-Organs, doch bleibt bisweilen in den älteren Theilen des Wurzelstocks eine äusserst zarte Umgrenzung, welche auf eine chemische Veränderung der äussersten Schicht des Harzüberzuges hindeutet, zurück (Fig. 7. u. 8.). Die Membran des ältern Secretions-Organs ist häufig etwas bräunlich gefärbt, sie nimmt durch Jod und Schwefelsäure eine blaue Färbung an und zeigt dabei keine Porenkanäle. Dem Secretions-Organ fehlt die Cuticula, welche die Zellenwände nach der Intercellularlücke als zartes Häutchen bekleidet (Fig. 6—8. c).

Für die Entwickelungsgeschichte dieses Organs untersuchte ich die jüngsten Theile des Wurzelstocks, desgleichen ganz junge Wedelstiele und fand bald nach dem ersten Auseinanderweichen der jungen Parenchymzellen zur Bildung der Intercellularlücken auch den ersten Anfang des Secretions-Organs, als Tochterzelle einer der noch kugeligen Parenchymzellen, welche den Intercellularraum umgrenzen (Fig. 9.), Anfangs nur klein, aber mit einem deutlichen Zellkern versehen und mit feinkörnigem Protoplasma erfüllt, wächst diese Zelle nach ihrer freien Seite hin und erscheint bald als cylindrische Verlängerung in dem an Weite zunehmenden Intercellularraume (Fig. 10—12.). Erst wenn ihr Längswachsthum beinahe beendigt ist, beginnt die Erweiterung des später kugelförmigen Endes und damit zugleich eine Veränderung im Inhalt des Organs selbst. Die Parenchymzellen, welche bis dahin ausser

einem Zellkern viel körniges Protoplasma enthielten, bilden jetzt Stärkmehlkörner, neben welchen hier und da farblose Oeltropfen erscheinen, im Secretions-Organe wird der Zellkern undeutlich und scheidet das Protoplasma in dem Theile der Zelle, welcher bald darauf zu secerniren beginnt, eine das Licht stark brechende Masse aus, welche wahrscheinlich bei ihrem späteren Durchgang durch die Membran eine weitere Umwandlung in Harz erfährt. Die Secretion beginnt erst, wenn das Organ seine normale Gestalt und Grösse erreicht hat, die Parenchymzellen des Gewebes dagegen wachsen noch etwas länger und strecken sich namentlich in ihrer Längsrichtung, wodurch auch die Intercellularlücken mit dem Längswachsthum des Wurzelstocks und seinem Wedelstiele mehr in die Länge gezogen werden. Nur in den jungen Theilen, also nahe dem Vegetationskegel, bilden sich neue Secretions-Organe, in den ausgewachsenen Theilen vermehren sie sich nicht und sind ausserdem nur von kurzer Lebensdauer, indem ihr Zellsaft bald verschwindet und durch Luft ersetzt wird. In den jüngeren, noch nicht ausgewachsenen Theilen findet man sie auf dem zarten Längsschnitt näher bei einander und deshalb auf einem gegebenen Raume zahlreicher als späterhin; die jüngeren Theile müssen demnach reicher an Harz als die älteren, vollständig ausgewachsenen, Partien des Wurzelstocks sein, in welchen die Harzbildung mit dem Absterben des Secretions-Organs aufhört. Wenn also das Harz als der wirksame Stoff dieser Drogue zu bezeichnen ist, so müssen die jüngern Theile des Wurzelstocks wirksamer als die älteren sein.

In der Regel liegt in jeder Intercellularlücke nur ein einziges Secretions-Organ, welches die Lücke zum grossen Theil ausfüllt; bisweilen erscheinen auch zwei und in ganz seltenen Fällen drei Organe in einer grösseren Intercellularlücke. Die aufbewahrten mikroskopischen Präparate verändern sich mit der Zeit, und ist der Harzüberzug bei einer Aufbewahrung in Glycerin in mehreren Fällen ganz krystallinisch geworden, was an das krystallinische Harzsecret auf der Oberfläche des Wedelstiels von Gymnogramma erinnert.

Betrachten wir jetzt das beschriebene Secretions-Organ etwas näher, so lässt sich nicht verkennen, dass es zu den Haarbildungen gezählt werden muss und so mit dem Haar in den Luftkanälen der Nymphaeaceen, die freilich nicht der Secretion dienen, verwandt ist. Andererseits erinnert es an die secernirenden Haare

der Gymnogramma-Arten, die freilich aus mehreren Zellen bestehen, aber mit einer kugeligen, die Secretion besorgenden Zelle endigen und endlich finden sich zwischen den Spreuschuppen unter dem Vegetationskegel von Nephrodium Filix mas selbst ganz ähnliche Haarzellen als in den Intercellularlücken des Gewebes, die aber, wie es scheint, kein Harz secerniren.

Jedenfalls ist durch den Nachweis dieses Secretions-Organs das Vorkommen von Haarzellen in den mit Luft erfüllten Hohlräumen des Pflanzengewebes um ein Beispiel vermehrt und für die harzaussondernden Organe im Innern der Pflanzen der einfachste Fall nachgewiesen worden, welcher ausserdem, in Uebereinstimmung mit den bekannten Thatsachen, eine innige Beziehung des Stärkmehls zur Bildung des Harzes bekundet, indem erst mit dem Auftreten des ersteren in dem Gewebe die Secretion des Harzes durch das bewusste Organ erfolgt, dieses aber, den secernirenden Zellen der Harzgänge in den Nadeln der Coniferen entsprechend, selbst niemals Stärkmehl enthält.

Im Wurzelstock von Aspidium Filix femina, welche als Verwechselung mit Nephrodium Filix mas aufgeführt wird, fehlt das Secretions-Organ und mit demselben auch das Harz, ebenso im Wurzelstock von Pteris aquilina, welcher vormals als bandwurmtreibendes Mittel im Gebrauch war. Es wäre interessant, dem Vorkommen dieses Organs bei andern Farrnkräutern, namentlich bei den verwandten Nephrodium-Arten, nachzuspüren, wozu ich, weil es mir selbst an Zeit gebricht, auffordern möchte.

Erklärung der Abbildungen.

(Die Untersuchung ist mit einem Mikroskop von C. Zeiss in Jena, dessen optischer Theil ganz vorzüglich ist, unternommen worden und sind die Zeichnungen mit der Camera lucida entworfen. Die Vergrösserung ist neben jeder Figur als Bruchzahl angegeben.)

Taf. XVI.

Fig. 1. Querschnitt durch das Parenchymgewebe des ausgewachsenen Wurzelstocks. x. Intercellularlücken von verschiedener Weite.

Fig. 2. Querschnitt durch dasselbe Gewebe aus einem jüngeren Theile. In der Intercellularlücke zeigt sich ein bereits Luft führendes Secretions-Organ als Harzkugel mit einer grossen Luftblase im Innern (y).

Fig. 3. Längsschnitt. In der Intercellularlücke liegen neben einander drei bereits Luft führende Secretions-Organe.

Fig. 4. u. 5. Längsschnitte aus dem noch nicht ausgewachsenen Theile des Wurzelstocks, in jeder Intercellularlücke ein Secretions-Organ, welches noch thätig ist, aber weder körniges Protoplasma, noch Zellkern erkennen lässt, die Harzausscheidung hat bei Fig. 5. bereits ihr Maximum erreicht.

Fig. 6. Ein solches Organ bei starker Vergrösserung; c. die Cuticula der Parenchymzelle nach der Seite der Intercellularlücke.

Fig. 7. u. 8. Solches Organ nach der Behandlung mit kochendem Alkohol oder Aether; bei Fig. 8. ist ein äusserst zartes, ziemlich festes Häutchen der äusseren Umgrenzung des Harzüberzuges zurückgeblieben.

Fig. 9. Jüngster Zustand des Secretions-Organs (y), aus einem Längsschnitte dicht unter dem Vegetationskegel des Wurzelstocks entnommen.

Fig. 10—13. Weitere Zustände. Bei Fig. 13. sind zwei Secretions-Organe in einer Intercellularlücke vorhanden und beginnt die Bildung einer das Licht stark brechenden Substanz aus dem bis dahin feinkörnigen Inhalte.

Bonn, im October 1862.

Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Pflanzengewebe

mit

Bezug auf die neuesten Arbeiten Fremy's über diesen Gegenstand.

Von

W. Kabsch.

Nachfolgende Untersuchungen wurden durch einige Abhandlungen Fremy's hervorgerufen, welche derselbe im Jahre 1859 der Akademie der Wissenschaften in Paris vorgelegt hat.*)

Fremy kommt in diesen Arbeiten zu einer Reihe von Resultaten, welche die noch gegenwärtig unter den Phytotomen geltenden Ansichten über die Zusammensetzung und Entstehung der näheren Bestandtheile des pflanzlichen Organismus wesentlich modificiren, ja zum Theil gänzlich umwerfen. Namentlich ist es die Cellulose, deren allgemeines Vorkommen im Pflanzenreiche Fremy, gestützt auf eine Anzahl Reactionen, die er bei den verschiedenen Gewebsarten der Pflanzen gefunden, bestreitet. Welcher Pflanzenanatom hätte sich auch mit chemischen Reactionen auf Zellenmembranen verschiedener Gewebe unter dem Mikroskop beschäftigt und

*) 1) Récherches chimiques sur la cuticule.
Mémoire lu à l'Académie des sciences, séance du 4 Avril 1859.
2) Récherches chimiques sur la composition des cellules végétales.
Mémoire lu etc. 24 Janvier 1859.
3) Récherches sur la composition du bois.
Mémoire lu etc. 2 Mai 1859.
4) Action de la chaux sur le tissu utriculaire des végétaux.
Mémoire lu etc. 24 Octobre 1859.
5) Récherches sur la composition chimique des tissus des végétaux.
Journal de Pharmacie et de Chimie, t. XXXVI. p. 6.

dabei nicht äusserst wesentliche Verschiedenheiten in den zu beobachtenden Farbenerscheinungen wahrgenommen. Wer hätte nicht dabei den Wunsch gefühlt, jene Substanz oder vielleicht jene Substanzen, aus welchen die Zellenmembranen der verschiedenen Gewebe bestehen, näher und bestimmter, als dies bis jetzt möglich, charakterisiren zu können.

Um so willkommener mussten die Resultate der Fremy'schen Untersuchungen erscheinen, durch welche man auf die einfachste Weise in den Stand gesetzt schien, die einzelnen Gewebe vollständig von einander zu trennen und die sie bildenden Elementarsubstanzen in ihren verschiedenen chemischen Reactionen genau festzustellen.

Eine Anzahl der Fremy'schen Behauptungen widersprach jedoch so sehr allgemein anerkannten und bewiesenen Grundsätzen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, dass ich mich veranlasst fand, die Untersuchungen Fremy's zu wiederholen. Die von mir erhaltenen Resultate stehen nun allerdings den Behauptungen Fremy's fast durchgehends entgegen. Ich lege meine Untersuchungen hiermit dem botanischen Publikum zur Prüfung vor, hoffend, hierdurch etwas zur Entscheidung in dieser hochwichtigen Frage beigetragen zu haben.

Es kam mir bei dieser Arbeit, die sich grösstentheils nur auf die Wiederholung der Untersuchungen Fremy's erstrecken sollte, anfänglich hauptsächlich nur darauf an, die vornehmlich vom chemischen Standpunkte aus gewonnenen Resultate einer Beleuchtung und Prüfung zu unterwerfen, welche feststellen sollte, wie weit die Angaben Fremy's mit den in der Pflanzenphysiologie und Entwickelungsgeschichte als richtig allgemein anerkannten Thatsachen sich im Einklang befinden oder ihnen entgegenstehen. Die den Behauptungen Fremy's so widersprechenden Resultate, die ich im Laufe der Untersuchung erhielt, veränderten erst die ursprüngliche Bestimmung der Arbeit. —

Da ich ohnehin genöthigt sein würde, des Verständnisses wegen, den grössten Theil der Abhandlungen Fremy's zu citiren, so scheint es mir am zweckmässigsten, gleich eine Uebersetzung der betreffenden Arbeiten, wenigstens in ihren Hauptsätzen, vorangehen zu lassen und glaube dies um so eher verantworten zu können, als jene Abhandlungen, soweit mir bekannt, noch in keiner deutschen botanischen Zeitschrift einer näheren Besprechung unterworfen worden sind.

Ich beginne mit einer Abhandlung,*) in welcher Fremy die Resultate früherer Arbeiten zusammenfasst. Von den letzteren ist es dann namentlich eine (Récherches sur la composition chimique du bois), welche ich mich genöthigt sehe, fast in ihrer ganzen Vollständigkeit wiederzugeben.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Pflanzengewebe.

Nachdem ich in auf einander folgenden Veröffentlichungen die neuen Thatsachen, welche aus meinen Untersuchungen über die Pflanzengewebe hervorgegangen, niedergelegt habe, glaube ich hier die vorzüglichsten Resultate, die ich erhalten, kurz wiederholen zu müssen, um daraus schliesslich einige allgemeine Folgerungen zu ziehen.

Man hat bis jetzt angenommen, dass die Pflanzengewebe als wesentliche Grundlage einen Elementarbestandtheil haben — die Cellulose. Hiernach würden die Verschiedenheiten, welche diese Gewebe in ihren chemischen Eigenschaften, in ihrer Härte und Dicke zeigen, von wechselnden Anhäufungen der Cellulose und von Inkrustationen derselben durch verschiedene organische und mineralische Stoffe abhängig sein.

Meine Untersuchungen über die Pflanzengewebe haben mich zu ganz anderen Resultaten geführt. Indem ich jedem Gewebe eine besondere chemische Zusammensetzung, die in einem gewissen Grade von seiner physiologischen Bestimmung abhängt, anwies, stellte ich somit eine merkwürdige Analogie zwischen der Constitution der pflanzlichen und der thierischen Gewebe fest.

In der That ist gegenwärtig die physiologische Chemie genug vorgeschritten, um klar zu beweisen, dass die thierischen Gewebe nicht durch ein und denselben organischen Elementarbestandtheil (principe immédiat organique) gebildet sind: die einen haben albuminöse Substanzen zur Grundlage, die anderen enthalten Körper, welche sich unter verschiedenen Einflüssen in Leim und Chondrin umbilden; man findet sogar in den thierischen Geweben wahre stärkmehlartige Substanzen. Mit einem Wort in dem Grade, in

*) Récherches sur la composition chimique des tissus des végétaux par M. C. Fremy. (Journal de Pharmacie et de Chimie, t. XXXVI. p. 6.)

welchem sich die Elementar-Analyse vervollkommnet, dringt sie mehr in die innere Constitution der Gewebe ein und zeigt, dass deren Zusammensetzung nicht die Einfachheit darbietet, welche man Anfangs angenommen hatte.

Man wird ohne Zweifel sagen, dass die Abweichungen, welche ich beobachtet habe, nicht hervorstechend genug seien, um in die Wissenschaft neue Elementarbestandtheile einzuführen und in den Organen der Pflanzen jene Einfachheit der Zusammensetzung zu zerstören, welche der Geist immer mit soviel Eifer annimmt. Da es unmöglich ist, ein organisches Gewebe zu reinigen, ohne es bedeutend zu verändern, so wird man ferner sagen, die zu beobachtenden Unterschiede seien von den verschiedenen Graden der Anhäufung von organischer Materie oder von seiner Inkrustation durch fremde Substanzen abhängig.

Es wird mir leicht sein, auf diese Einwürfe zu antworten. Ich glaube nicht entfernt, dass die mineralischen Substanzen, welche sich in den Pflanzengeweben vorfinden, dort keine wichtige physiologische Rolle spielen; aber wenn diese Substanzen einfach dem organischen Theil der Gewebe beigemengt sind, und es ist dies der gewöhnliche Fall, so gebe ich nicht zu, dass sie die chemischen Charaktere des organischen Elementarbestandtheils, welcher diese Gewebe bildet und charakterisirt, modificiren können. Im thierischen Organismus behält die Substanz, welche den Leim liefert, ihre chemischen Charaktere eben so gut bei, wenn sie, wie in der Haut der Thiere, fast rein, als wenn sie, wie in den Knochen mit 65 pCt. mineralischer Substanzen gemengt ist.

Die Verschiedenheiten, welche ich beobachtet habe, können auch nicht dem Aggregationszustande zugeschrieben werden. Ich kenne nicht ein einziges Beispiel, welches zeigt, dass die chemischen Eigenschaften eines Körpers sich mit dem Aggregationszustande seiner Molekule verändern. Zu einer Zeit, da die Erscheinungen der Isometrie unbekannt waren, konnte man seine Zuflucht zur Aggregation nehmen, um Abweichungen in den Eigenschaften eines Körpers zu erklären, wenn seine Zusammensetzung nicht verschieden war; aber gegenwärtig sind diese Auslegungen nicht mehr zulässig. Somit werden die chemischen Eigenschaften eines Elementarbestandtheils sich niemals durch Zwischenlagerung von fremden Substanzen oder durch verschiedene Aggregationszustände verändert finden. Die organische Elementar-Analyse würde

keine Sicherheit mehr darbieten, wenn diese Regel umgestossen würde.*)

Im vegetabilischen oder thierischen Organismus können die Unterschiede, welche die Elementarbestandtheile trennen, ohne Zweifel sich in verschiedenen Graden darbieten; aber man würde einen der interessantesten Theile der Physiologie verkennen, wenn man noch unter denselben Benennungen isomerische Substanzen, welche vom chemischen Gesichtspunkte aus gut marquirte Verschiedenheiten zeigen, zusammenwerfen wollte. Die Fortschritte der Chemie erlauben uns jetzt Unterscheidungen aufzustellen, welche früher unmöglich waren, und man muss sich entschliessen, Trennungen von Arten vorzunehmen, welche zwar die Nomenklatur ein wenig verwickeln können, welche aber natürliche Folgerungen der Fortschritte der Wissenschaft sind, selbst wenn sie eine Einfachheit der Zusammensetzung zerstören, die nur allein auf der Unvollkommenheit der analytischen Methode beruhte.

Dies sind die Grundsätze, welche mich bei meinen Untersuchungen geleitet haben. Es gelang mir, folgende Gewebe zu charakterisiren:

Cellulose-Gewebe,
Pectose-Gewebe,
Epidermal- oder Cuticular-Gewebe,
Vascular-Gewebe.

1) Cellulose-Gewebe. Man weiss, dass im thierischen Organismus eine gewisse Anzahl Elementarbestandtheile, wie das Osseïn und die Chondrin gebende Substanz, vorhanden, welche durch isomerische Beziehungen unter einander verbunden sind und sich in verschiedenen Geweben befinden, das eine in den Knochen, die andere in den Knorpeln. Der vegetabilische Organismus bietet gleichfalls isomerische Bestandtheile dar, welche ein aufmerksames Studium allein unterscheiden kann. Diese Substanzen setzen die Cellulose-Gewebe zusammen; sie können sich ausserdem in wechselnden Mengen mit mineralischen oder organischen Stoffen ver-

*) Also deshalb? das ist gerade so unzulässig, als wenn man behaupten wollte, in der anorganischen Natur dürfte nur die eben jetzt bekannte Anzahl Elementarstoffe vorhanden sein, denn die Analyse würde sonst alle Sicherheit verlieren, da man ja auf Körper, welche man nicht kennt, nicht zu prüfen im Stande wäre.

einigen, welche aber ihre besonderen Eigenschaften nicht verändern.

Die Cellulose-Körper zeigen gemeinschaftliche generische Merkmale. Sie haben zur Grundlage eine organische Substanz, welche in ihrer Zusammensetzung als Kohle und Wasser dargestellt werden kann; unter dem Einfluss einiger Reagentien, wie Schwefelsäure, Salpetersäure, Kali, erlangen sie die Eigenschaft, durch Jod blau gefärbt zu werden. Man muss sich hüten, die Färbung mit derjenigen zu verwechseln, welche direkt durch Einwirkung von Jod auf Stärke hervorgebracht wird; während die Jodstärke dem Einfluss des kalten Wassers sehr lange widersteht und wenn sie bei 100° entfärbt wird, in der Kälte ihre Farbe wieder annimmt, ist die durch Einwirkung von Jod auf die mittelst Reagentien veränderten Cellulose-Gewebe hervorgebrachte blaue Substanz weniger stabil als die vorhergehende, und entfärbt sich unmittelbar durch kaltes Wasser. Die Cellulose-Gewebe lösen sich in Schwefelsäure, ohne sich zu färben, bilden zuerst eine Verbindung, welche durch Wasser niedergeschlagen wird und verwandeln sich dann in Dextrin und Glukos; Chlorwasserstoffsäure wirkt fast ebenso. Ich übergehe hier die wohlbekannten Veränderungen, welche sie durch Salpetersäure erleiden. Sie lösen sich in Kupferoxyd-Ammoniak manchmal unmittelbar, öfter aber erst nach Behandlung mit Reagentien. Sehr concentrirte Kalilauge löst sie bei verschiedenen Temperaturen.

Die angeführten Reagentien beweisen doch, ungeachtet ihrer Unzulänglichkeit, bestimmt, dass zwischen den Elementarbestandtheilen, welche diese Gewebe zusammensetzen, ebenso beträchtliche Verschiedenheiten bestehen als die sind, welche den Leim von Chondrin, das Eiweiss vom Casein, die Stärke von der Cellulose etc. trennen.

Wenn man die Schwierigkeiten erwägt, die sich bei der Untersuchung der Gewebe, welche man durch neutrale Lösungsmittel weder reinigen noch charakterisiren kann, darbieten, so wird man erkennen, dass diese Verschiedenheiten wichtig sind. So wirkt Schwefelsäure von verschiedener Concentration nicht auf dieselbe Weise auf die Gewebe: die einen lösen sich sogleich wie die, welche das Mark bilden und in der Rinde vorkommen; die anderen widerstehen der Einwirkung dieses Agens viel länger, wie die Holzfaser. Salzsäure und Kali zeigen dieselben Verschiedenheiten.

Kupferoxyd-Ammoniak erlaubt noch schärfere Unterscheidungsmerkmale zu beobachten; so werden einige Gewebe, wie die Rinden-

fasern*), die Wände gewisser Zellen, Baumwolle, und das Perisperm von Phytelephas, sofort in Kupferoxyd-Ammoniak gelöst; andere, wie die, welche das Mark der Bäume zusammensetzen, erfordern, um gelöst zu werden, die Behandlung mit einigen Reagentien; noch andere endlich, wie die, welche das Holz und das Gewebe der Pilze ausmachen, werden nur sehr unvollständig durch dieses Reagens angegriffen, selbst wenn sie vorher mit den stärksten Säuren behandelt worden sind.

Diese Unterschiede, welche vom chemischen wie vom physiologischen Standpunkte unmöglich vernachlässigt werden können, haben mich bestimmt, besondere Benennungen aufzustellen, um die Elementarbestandtheile zu specificiren. So habe ich den Namen Paracellulose der Materie, welche im Mark der Bäume und in mehreren anderen Schlauchgeweben enthalten ist, gegeben; die Substanz, welche wesentlich die Holzfasern bildet, habe ich Fibrose genannt.

Neben diesen Cellulose-Geweben, welche man leicht unterscheiden kann, bestehen noch andere, welche die Unzulänglichkeit der Reagentien noch nicht zu charakterisiren erlaubt. Die Pflanzen-Physiologie stellt zwischen ihnen oft ganz bestimmte Unterschiede auf, aber die chemische Analyse lässt uns in diesem Falle im Stich. So findet man dieselben Charaktere in der organischen Substanz, welche sich in den Rindenfasern, in den schlauchartigen Wänden gewisser Zellen und in den Haaren, wie die Baumwolle, vorfindet; ich sage nun, dass diese Organe Cellulose zur Grundlage haben, erwartend, dass neue Reagentien gestatten werden, ihre Prüfung weiter auszuführen und Unterschiede zwischen ihnen aufzustellen, welche die anatomischen Studien vorhersehen lassen.

Jedes Cellulose-Gewebe enthält Mineralstoffe, deren Natur und Menge mit dem Alter oder der Art der Pflanzen wechseln kann, aber ich gebe nicht zu, dass diese fremden Substanzen die Ursache der Erhärtung der Gewebe im Alter seien; jedes vegetabilische Organ verdickt sich durch seine eigene Substanz und nicht durch Inkrustation fremder Stoffe**).

2) Pectose-Gewebe. Wenn man das schlauchartige Gewebe einer Wurzel oder Frucht der Einwirkung von Kupferoxyd-

*) Fibres corticales, jedenfalls Bastfasern.

**) Daran zweifelt wohl kein Pflanzenphysiologe, aber eben so wenig daran, dass Verdickung und Erhärtung durch Inkrustation, die Herr Fremy hier in einen Topf zu werfen scheint, zwei himmelweit verschiedene Dinge sind.



Ammoniak unterwirft, so wird die Cellulose ganz gelöst, und man erhält einen organisirten Rückstand, der seiner Form nach an Zellen erinnert. Dieses Gewebe ist aus pektinsaurem Kupferoxyd gebildet, erzeugt durch die Einwirkung des Reagens auf Pectose.

Diese sonderbare Beobachtung gestattete mir, den Platz zu erkennen, welchen das Pektose-Gewebe im Pflanzen-Organismus einnimmt; man sieht, dass es innerlich die äussere Cellulose-Membran, welche das Reagens gelöst hat, auskleidet.

Diese Gewebe werden genau charakterisirt durch ihr Verhalten gegen Alkalien, welche sie in pektinsaure Salze, und gegen Säuren, die sie in Pektin verwandeln. Sie entfernen sich ebenso durch ihre Zusammensetzung von den Cellulose-Geweben, denn ihr Molekül entspricht der allgemeinen Formel $(C^8 H^5 O^7)$ n.

3) Epidermal- und Cuticular-Gewebe. Diese Gewebe entfernen sich von den vorhergehenden durch ihre Elementar-Zusammensetzung und durch alle ihre Eigenschaften; sie zeigen in gewisser Beziehung bemerkenswerthe Analogien mit den fetten Körpern. Die Elementar-Analyse zeigt, dass sie viel mehr Wasserstoff und Kohlenstoff enthalten, als die Cellulose-Gewebe. So enthält nach Mitscherlich die Oberhaut der Kartoffel 62 pCt. C und 7 pCt. H; der gewöhnliche Kork 65 pCt. C und 8 pCt. H. Ich habe in einer Cuticula der Kartoffel 73 pCt. C und 12 pCt. H gefunden.

Die Epidermal-Gewebe bieten zwei hauptsächliche Zustände dar: entweder sie werden durch Wachsthum von Aussen (juxtaposition) aus Zellen gebildet, wie beim Kork, oder sie nehmen die Form von fortlaufenden Häuten (membranes continues) an, welche keine Andeutung von Organisation zeigen. Der Kork ist durch einen Elementarbestandtheil gebildet, den Chevreul vollkommen festgestellt und Suberin genannt hat: seine Untersuchungen sind durch die neueren Arbeiten von Mitscherlich bestätigt worden.

Ich habe mich besonders mit den von A. Brongniart entdeckten cuticularen Häuten beschäftigt. Ich habe alsdann eine Methode angegeben, um sie mit Leichtigkeit zu isoliren und habe gezeigt, dass alle der Luft ausgesetzten Organe durch die Cuticular-Membran bedeckt sind und dadurch beschützt werden: Den Elementarbestandtheil, welcher die Grundlage der Cuticular-Membranen bildet, nenne ich Cutine; es ist möglich, dass der vegetabilische Organismus mehrere cuticulare Substanzen enthält —

ein Punkt, welchen aufzuklären ich mir vorbehalte. Die Cuticula ist unlöslich in Aether und verseift sich mit den Alkalien wie ein echtes Fett.

Auch die äusseren Membranen der Holzzellen, welche Hartig, Mulder und Harting studirt haben, sind von mir geprüft worden: sie sind ausgezeichnet durch ihre Unlöslichkeit in Schwefelsäure und gleichen den Membranen, welche den Kork bilden. Die Gegenwart der epidermalen und vascularen Membranen im Holzgewebe erklärt den Ueberschuss an Kohlenstoff und Wasserstoff, welchen das Holz darbietet, wenn man seine Zusammensetzung mit der der reinen Cellulose-Gewebe vergleicht.

4) Vascular-Gewebe. Wenn man gefässreiche Stengel der Einwirkung von Reagentien, welche Cellulose lösen, unterwirft, so wird man sehen, dass diese letzteren Gewebe dem Einfluss von chemischen Agentien vollständig widerstehen: so wirken die concentrirten Säuren, das Kupferoxyd-Ammoniak in keiner Weise auf die Gefässe. Diese Beobachtung genügt, um zu zeigen, dass die Substanz, welche jene zusammensetzt, ein besonderer Elementarbestandtheil ist; ich habe ihm den Namen „Vasculose" gegeben. Dieser Körper hat einige Aehnlichkeit mit der Cutine; er ist reich an Kohlenstoff und Wasserstoff; er löst sich in concentrirter Kalilauge, aber widersteht diesem Einfluss viel länger als die Cutine.

Ich glaube, dass die vascularen Gewebe oft als Grundlage verschiedene Elementarbestandtheile haben, die Reagentien verändern die Gefässe verschiedenartig; aber ich bin nicht genug vorgeschritten, um diesen Körpern besondere Benennungen zu geben.

Diese Resultate bestätigen denn vollständig das Princip, welches ich bei Beginn dieser Untersuchungen ausgesprochen habe, dass nämlich die chemische Zusammensetzung der Gewebe verschieden ist mit den Functionen, welche sie im Pflanzen-Organismus erfüllen müssen. Ich habe in der That nachgewiesen, dass die schlauchartigen, die fasrigen, die epidermal und vascularen Gewebe durch besondere Elementarbestandtheile, welche man leicht charakterisiren kann, gebildet sind.

Dass der Cuticula und dem Kork eine Substanz zu Grunde liegt, welche von der Cellulose streng zu trennen, ist eine längst bekannte Thatsache; die Abhandlung Fremy's sagt uns im Wesentlichen nichts Neues; ich mochte deshalb auf diese Arbeit gegenwärtig nicht näher eingehen, sondern mich sogleich zu der Abhandlung wenden, die von den herrschenden Ansichten am bedeutendsten abweicht — nämlich über die Cellulose, Paracellulose, Fibrose und Vasculose.

Es blieb somit nur noch die Pectose übrig von jenen Elementarbestandtheilen, welche nach Fremy das Pflanzenreich zusammensetzen. Indem ich mir vorbehalte, in einer späteren Abhandlung diesen Gegenstand und die betreffende Arbeit Fremy's *) einer besonderen Besprechung zu unterwerfen, sei es mir hier nur gestattet, vorläufig einige Andeutungen zu geben.

Schon nach Poumarade**) ist die Pektose (Pektin) ein organisches Gewebe, welche das Zellgewebe der Frucht, Wurzeln und Rinden ausmachen soll; auch Mulder***) giebt an, dass es in der Zellwand des sogenannten Collenchyms und einiger Parenchymzellen vorkommen soll; Fremy verlegt nun dieses Pektose-Gewebe unterhalb die primäre Zellenmembran (au-dessous de la membrane extérieure), Fremy stützt sich dabei auf Erscheinungen, welche an Früchten und Wurzeln nach der Behandlung mit Kupferoxyd-Ammoniak eintreten; durch dieses Reagens soll die primäre Zellenmembran gelöst werden und die darunter liegende Schicht, das Pektose-Gewebe, in der ursprünglichen Form der Zelle zurückbleiben. —

Wenn man auf feine Schnitte aus den Wurzeln von Brassica Napus und Daucus Carota †) frisches Kupferoxyd-Ammoniak einwirken lässt, so findet man schon nach mehreren Stunden, dass die Zellenmembranen aufgequollen sind und zwar so, dass je nun zwei benachbarte Zellen von zwei Membranen getrennt werden, die eine dritte, dazwischen liegende Substanz einschliessen, deren Dicke ungefähr derjenigen der beiden Membranen zusammengenommen gleichkommen mag oder sie wohl auch bisweilen übertrifft.

*) Récherches chimiques sur la composition des cellules végétales. (Mémoire lu à l'Academie des sciences, séance du 24 Janvier 1859.)

**) Compt. rendu, t. IX. p. 660.

***) Mulder, Physiologische Chemie, p. 514.

†) Ich wendete die cultivirten Pflanzen an.

Aus der ganzen Darstellung Fremy's geht hervor, dass er genau dasselbe beobachtet hat. Um nun aber seine Deutung erklärlich zu finden, muss man sich erinnern, dass Fremy, wie aus oben von mir gegebener Uebersetzung erhellt, mit Harting, Mulder und Hartig die äussere (primäre) Zellenmembran mit der Intercellularsubstanz identificirt (wie auch später noch Wigand). Die Consequenz dieser Annahme liegt in der Anwendung bei dem vorliegenden Falle auf der Hand: die zwischen den beiden beschriebenen Membranen liegende Masse muss die aufgelöste oder in Auflösung begriffene äussere Zellenmembran sein; die darunter liegende Membran, erklärte dann Fremy, da er sie, wie ich nachweisen werde, etwas voreilig für unlöslich in Kupferoxyd-Ammoniak hielt, als aus Pektose bestehend. Die Sache verhält sich in der That aber ganz anders. Durch die Einwirkung des Cuoxam quillt die Intercellularsubstanz, jedoch ohne sich zu lösen, auf; die vorher aneinanderstossenden Membranen zeigen sich deshalb jetzt getrennt; aber auch die Cellulose-Membranen lösen sich nicht vollkommen, sondern quellen in dem Reagens theilweise nur auf, und namentlich ist es die primäre Membran, welche der Einwirkung des Reagens kräftig widersteht; und diese ist es nun, für welche Fremy den Namen „Pektose-Gewebe“ in Anspruch nimmt.

Schon Cramer*) hat nachgewiesen, dass fremde Substanzen, welche die Membranen durchdringen, die Einwirkung des Cuoxam mehr oder weniger erschweren, ja gänzlich aufheben können; und so ist es auch hier. Die primäre Zellenmembran ist von Pektose durchdrungen, oder vielleicht in der Umwandlung in Pektose begriffen und deshalb der lösenden Wirksamkeit des Cuoxam weniger zugänglich, denn gänzlich unlöslich kann sie eigentlich nicht genannt werden, da sich hin und wieder die Einwirkung des Reagens deutlich durch Einkerbungen in die Membran kund giebt. Behandelt man Schnitte durch oben genannte Wurzeln mit verdünnter Kalilauge und verdünnter Salzsäure, so lösen sie sich darauf vollkommen in Cuoxam, ohne den geringsten Rückstand zu hinterlassen. Ich muss natürlich diesen Umstand als einen Beweis für die Richtigkeit meiner Ansicht hinstellen, obgleich ich mir nicht verhehle, dass man mir entgegenhalten könnte, das Pektose-Gewebe würde eben durch die angewendeten verdünnten Säuren und ver-

*) Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, III. 1858. pag. 1 ff.

dünnten Alkalien gelöst, wie dies überhaupt eine Eigenschaft der Pektose ist — obgleich anatomisch nichts zu dieser Vermuthung berechtigt; eine zweite Reaction wird aber, wie ich glaube, meine Deutung rechtfertigen. Kocht man nämlich eine Anzahl Schnitte*) anhaltend mit destillirtem Wasser und untersucht sie dann mikroskopisch, so findet man die Intercellularsubstanz bedeutend bis zum drei- und vierfachen ihres ursprünglichen Volumens aufgequollen, die Zellenmembranen erscheinen stark und vielfach verbogen, hin und wieder sogar, wo sie dem Ausdehnungsbestreben der Intercellularsubstanz nicht den gehörigen Widerstand entgegenzusetzen vermochten, auseinander gerissen. Chlorzink-Jodlösung wirkt hier sehr belehrend, indem bei seiner Anwendung die Zellenmembranen deutlicher vor der Intercellularsubstanz hervortreten; sie färben sich sämmtlich blau, die Intercellularsubstanz bleibt ungefärbt oder zeigt nur eine blassblaue Färbung oder färbt sich wohl auch, namentlich bei Anwendung einer Jodlösung, hellgelblich.

Es ist leicht einzusehen, dass dieser Vorgang beim Kochen mit Wasser, wodurch also doch nichts als ein Aufquellen der Pektose bemerkt werden konnte, da die gewöhnliche Intercellularsubstanz und ebenso die Cellulose sich vollkommen indifferent gegen Wasser verhalten — ich sage also, dass dieser Vorgang in der oben beschriebenen Weise nicht hätte stattfinden können, wenn die Deutung Fremy's die richtige wäre; in diesem Falle hätte sich ein Aufquellen der unter der äusseren Membran, also nach dem Innern der Zelle zu befindlichen Membranen zeigen müssen, was durchaus nicht stattgefunden.

Hiermit fällt natürlich auch das pektinsaure Kupferoxyd, welches sich nach Fremy gebildet haben soll, zusammen. Eine Blaufärbung der zurückbleibenden Membranen findet allerdings statt, dies ist aber eine gewöhnliche Reaction des Cuoxam auf Zellengewebe, wie sie von Cramer**) und später von Weiss und Wiesner***) vielfach beobachtet worden.

Nach diesen Untersuchungen muss also die Pektose wenigstens für die beiden genannten Wurzeln als die Intercellularsubstanz angesehen werden, welche die Zellen verbindet und die namentlich

*) Namentlich ist hierbei Daucus Carota zu empfehlen, bei welcher Pflanze an und für sich die Intercellularsubstanz bedeutend entwickelt ist.

**) A. a. O.

***) Sitzungsbericht der mathematisch-naturwissensch. Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. 1861. Bd. XLIV.

bei Daucus Carota beträchtlichen Intercellularräume ausfüllt.*) In den jüngeren Wurzeln ist sie in geringerem Maasse vorhanden; alle Umstände sprechen dafür, dass sie sich durch allmälige Umwandlung der primären Zellenmembran vermehrt. Ob die Pektose, wie Schacht dies im Allgemeinen für die Intercellularsubstanz wahrscheinlich gemacht hat, ursprünglich aus der Membran der Mutterzellen hervorgeht, kann ich nicht entscheiden. Hierüber, wie überhaupt das Vorkommen der Pektose auch in anderen Fällen betreffend, behalte ich mir, wie gesagt, weitere Untersuchungen vor.

Uebergehend nun zu den Cellulose-Geweben, will ich zuerst, wie ich dies bereits erwähnt, die betreffende Arbeit Fremy's, soweit mir dies nothwendig erscheint, wiedergeben.

Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Holzes.

Jedes Gewebe scheint eine besondere chemische Zusammensetzung und Eigenschaften zu besitzen, die bis zu einem gewissen Grade von der Rolle abhängen, welche es bestimmt ist, in der Vegetation zu spielen. Die Arbeiten, welche ich gegenwärtig verfolge, haben zum Zweck, diesen so wichtigen Punkt in der Wissenschaft festzustellen.

Schon Chevreul hat uns in seinen schönen Untersuchungen über den Kork gelehrt, dass dieses Gewebe nicht mit der Cellulose zusammengeworfen werden darf und dass es durch das Hervorbringen von Korksäure ausgezeichnet ist, sobald man es der Einwirkung von Salpetersäure unterwirft. Die neueren Arbeiten von Mitscherlich über die Pflanzenzellen und vorzüglich über die Oberhaut der Kartoffeln, welche ein wahrer Kork ist, haben die Beobachtungen unseres berühmten Collegen bestätigt.

Ebenso habe ich gezeigt, dass die Pflanzengewebe eine eigenthümliche Substanz, welche ich unter dem Namen Pektose beschrieben habe und welche bei mikroskopischen Beobachtungen oft mit der Cellulose verwechselt worden war, enthalten können.

Man hatte angenommen, dass die Cuticula aus Cellulose, durch-

*) Auch Mulder und Harting sprechen sich schon dafür aus, dass in manchen Fällen die Intercellularsubstanz aus Pektose bestehen möge.

drungen von stickstoffhaltiger Materie und Kieselerde, bestehe*); meine Untersuchungen zeigten, dass diese Substanz sich von der Cellulose sowohl durch ihre Eigenschaften, als durch ihre Zusammensetzung entfernt. Das Gewebe der Pilze zeigt gleichfalls besondere Eigenschaften, welche jetzt nicht mehr gestatten, sie mit den organischen Geweben zu vermengen, welche zur Grundlage die Cellulose haben, wie Cramer in seinen wichtigen Untersuchungen dargethan hat. Endlich ist auch die Substanz, welche das Mark der Bäume bildet und die ich mit dem Namen Paracellulose bezeichnet habe, ein bemerkenswerthes Beispiel von Elementarbestandtheilen, welche unter sehr verschiedenen Einflüssen eine isomerische Modification erleiden und sich in Cellulose umwandeln können, die in Cuoxam unmittelbar löslich ist.

Man hatte gelehrt, das Holz sei aus Cellulose, mehr oder weniger mit organischen Inkrustationen durchdrungen, gebildet; meine Erfahrungen dagegen finden sich im vollkommenen Widerspruche mit dieser Art, die Zusammensetzung des Holzes auszulegen. Wenn man den Namen Cellulose für die Substanz beibehält, welche in Kupferoxyd-Ammoniak unmittelbar löslich ist und welche die Baumwolle, die Rindenfasern oder das Perisperm von Phytelephas zusammensetzt, so finde ich diese Cellulose in dem Holzgewebe nicht. Was denjenigen Theil des Holzes betrifft, welcher „inkrustirende Substanz" genannt wird, ist es mir unmöglich gewesen, ihn chemisch zu charakterisiren, und ich begreife, dass die ausgezeichnetsten Physiologen jetzt seine Existenz leugnen (?).

In Erwägung, dass Beobachtungen über ein Gemenge verschiedener organischer Gewebe schwere Irrthümer nach sich ziehen können, war ich bemüht, in meinen Untersuchungen über die Holzgewebe die verschiedenen Organe, welche sie zusammensetzen, zu isoliren, um getrennt ihre specifischen Kennzeichen festzustellen. Alle Botaniker betrachten das Holz als bestehend aus Fasergefässbündeln (faisceaux fibro-vasculaires), welche durch strahlenförmig vom Mark zur Rinde sich erstreckende Zellgewebsstreifen von einander getrennt sind. Ich gebe hier wörtlich die Ausdrücke A. de Jussieu's wieder. In gewissen Theilen dieser Holzmasse finden sich Haufen abrollbarer Spiralgefässe, Ringgefässe, netzförmige und punktirte Gefässe.

*) Von neueren Botanikern wohl kaum mehr.

Ich musste somit, um die Zusammensetzung und die chemischen Eigenschaften des Holzes zu ermitteln, die drei Theile, welche das Holzgewebe ausmachen, nämlich die Fasern, das Zellgewebe und die eigentlichen Gefässe, isoliren und besonders studiren.

Um die Holzgewebe rein und ganz frei von der faserigen oder schlauchartigen Substanz zu erhalten, liess ich zuerst verdünnte Kalilauge einwirken, welche den Gerbstoff, die albuminösen und pektinartigen Stoffe entfernte; ich unterwarf dann das organische Gewebe der Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure von verschiedenem Concentrationsgrade, indem ich mit einer durch mehrere Volumen Wasser verdünnten Säure begann und aufstieg bis zur Behandlung mit rauchender Salzsäure; hierdurch löste sich das Schlauchgewebe theilweise und die Holzfasern wurden in Cuoxam löslich. Zuletzt wendete ich kalte concentrirte Schwefelsäure an, welche die schlauchartigen und faserigen Theile, die der Einwirkung der Salzsäure und des Cuoxam entgangen waren, auflöste: Waschungen mit Wasser, Alkohol und Aether vervollständigten diese Bereitungsweise. Ich erhielt nun die Holzgefässe vollkommen rein.

Vom chemischen Gesichtspunkte schien es mir zweckmässig, einen Unterschied zwischen denjenigen Theilen des Holzes aufzustellen, welche sich in Säuren lösen, und denjenigen, welche der Einwirkung dieser Reagentien widerstehen; ich bezeichne deshalb unter dem Namen „Vasculose“ die Materie, welche die Gefässe (les vaisseaux et les trachées) bildet. Diese Substanz ist durch ihre Unlöslichkeit in Salzsäure oder concentrirter Schwefelsäure und in Kupferoxyd-Ammoniak ausgezeichnet; sie löst sich dagegen in concentrirter kochender Kalilauge; sie zeigt daher einige Analogie mit der Cutine und entfernt sich, wie man sieht, ganz von der Cellulose.

Die Schlauchsubstanz, welche die Markstrahlen bildet, betreffend, war es mir leicht zu erkennen, dass diese Materie identisch mit derjenigen ist, die im Mark der Bäume vorkommt: sie ist, wie sie, unlöslich in Cuoxam und wird angreifbar durch dieses Reagens, sobald man sie der Einwirkung von Säuren und Alkalien oder dem Einfluss trockener und feuchter Wärme unterworfen hat. Die Markstrahlen des Holzes haben also zur Grundlage die „Paracellulose“.

Kochende concentrirte Kalilauge, welche die Holzgefässe löst,

bewirkt gleichfalls eine Lösung der Markstrahlen; man erhält so eine alkalische Flüssigkeit, welche auf Zusatz von Säuren eine wenig gefärbte organische Materie fallen lässt, die identisch mit dem Product, das Peligot durch Einwirkung von Alkalien auf das Holz erhalten, sein muss. Die schlauchartige Substanz des Markes, der Bast (fibres corticales) und die Baumwolle verhalten sich ebenso.

Die Löslichkeit der Cellulose und der Paracellulose in sehr concentrirter Kalilauge erlaubt mir, das dritte Organ des Holzgewebes, nämlich die Holzfasern, zu charakterisiren. Wenn man Holzspäne der Einwirkung von verdünnter Kalilauge unterwirft, so nimmt dieselbe nur eine gelbe Farbe an und wirkt noch nicht zerstörend auf das Holzgewebe, aber wenn die Lauge so concentrirt ist, dass sie auf die Markstrahlen und Gefässe einwirken kann, findet sich das Pflanzengewebe sogleich zerstört. Um diesen merkwürdigen Vorgang zu verfolgen, ist es räthlich, in einem gläsernen Kolben zu operiren und die Temperatur, bei welcher die Desorganisation des Holzes erfolgt, nicht zu überschreiten, denn dann würden sich auch die Holzfasern verändert finden. Verdünnt man nun mit Wasser und entfernt die Kalilauge, welche die Körper, die aus der Einwirkung des Kali auf die Gefässe und Holzfasern hervorgehen, in Lösung enthält, so bleiben die Holzfasern zurück, oft von einer vollkommenen Weisse und absoluten Reinheit, wenn man sie mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen hat. Dieser Versuch, wiederholt an verschiedenen Hölzern, hat immer dieselben Resultate gegeben; vornehmlich benutzte ich Eichen- und Tannenholz.

Decaisne hat die auf die angegebene Weise erhaltenen Holzfasern mikroskopisch untersucht und erkannt, dass sie ihre gewöhnlichen Formen zeigen; nur wenn das Alkali zu lange eingewirkt, hatten sie eine beträchtliche Erweiterung erlitten, welche zum Theil ihre charakteristische Punktirung verschwinden liess. Haben die Holzfasern nun, indem sie sich durch Einwirkung von concentrirter Kalilauge erweiterten, einen Theil ihrer Substanz verloren? Ich glaube nicht, weil sie bei dieser Behandlung ihre Form und ihre Festigkeit behalten haben: doch behalte ich mir diese Frage vor, und ich werde sie zu lösen versuchen, wenn ich den Einfluss, welchen Aetzkali auf die isolirten Holzfasern ausübt, geprüft haben werde.

Schon das beschriebene Verfahren zeigt, dass die Substanz,

welche die Holzfasern ausmacht, nicht zusammengeworfen werden darf mit denen, welche vorher beschrieben worden sind: ich werde ihm den Namen „Fibrose“ geben. Sie zeichnet sich erstens aus durch ihre Unlöslichkeit in Kalilauge, welche die Gefässe und die Markstrahlen löst, zweitens durch ihre Löslichkeit in concentrirter Schwefelsäure, welche die Gefässe nicht löst, und drittens durch ihre Unlöslichkeit in Kupferoxyd-Ammoniak, welches die Cellulose unmittelbar löst und die Holzfasern nur angreift, sobald sie durch chemische Agentien verändert worden sind.

Die Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure giebt übrigens noch einen Unterschied zwischen Fibrose und Cellulose. Fibrose löst sich wie die Cellulose, aber wenn man zu der sauren Flüssigkeit sogleich Wasser zufügt, sieht man die organische Materie alsbald in der Form einer dicken und durchsichtigen Gallerte niederfallen.

Wenn man die Cellulose mit einer kleinen Menge Schwefelsäure behandelt, kann man ebenfalls eine Flüssigkeit erhalten, aus welcher durch Wasser die Cellulose gefällt wird, aber diese schwefelsaure Verbindung scheint mir viel weniger beständig zu sein, als die, welche aus der Fibrose hervorgegangen. Die holzige Materie der Fruchtkerne und die steinigen Ausscheidungen, die in manchen Pflanzentheilen, namentlich in dem Schlauchgewebe gewisser Birnen vorkommen, haben die grösste Aehnlichkeit mit dem Holz. Ihre oberen Lagen sind reich an Kohlenstoff und Wasserstoff, sie nähern sich in ihren Eigenschaften und Zusammensetzung sehr dem Kork, während das Innnere aus Fibrose gebildet ist.*)

Ich habe ebenso die äusseren Membranen der Holzzellen, welche durch ihre Unlöslichkeit in Schwefelsäure ausgezeichnet sind, geprüft; sie scheinen mir grosse Aehnlichkeiten mit den epi-

*) Das ist eine Behauptung, die jedes Grundes entbehrt. Die steinigen Ausscheidungen der Birnen sind an ihrer Oberfläche, wie im Innern, von derselben anatomischen Zusammensetzung. Anatomische Verschiedenheiten würden aber sicher vorhanden sein, wenn die äusseren Lagen (couches epidermiques) wirklich eine andere chemische Zusammensetzung hätten als der Kern. Und vom mechanischen Gesichtspunkte aus, wie ist es wohl Herrn Fremy gelungen, diese äusseren Lagen rein von den inneren zu trennen, um, wie er mit so vieler Sicherheit angegeben, ihre chemischen Verschiedenheiten, ihren Reichthum an Kohlenstoff und Wasserstoff, ihre Aehnlichkeit mit dem Korke darzuthun?

dermalen Substanzen, von denen ich vorher gesprochen habe, zu bieten.

Da nach meinen Untersuchungen das Holz aus mit der Cellulose isomerischen Geweben gebildet ist und aus Substanzen, die reich sind an Kohlenstoff, wie die, welche die Gefässe und die äusseren Membranen der Holzzellen ausmachen, ist es begreiflich, dass das Holz, der Analyse unterworfen, mehr Kohlenstoff und Wasserstoff als die reine Cellulose enthält.

Das sind die hauptsächlichsten Beobachtungen, welche ich über die chemische Constitution des Holzes gemacht habe; sie entfernen sich vollständig, wie man sieht, von denen, welche bis jetzt gültig gewesen. Statt das Holz zu betrachten als wesentlich gebildet aus einer einzigen Materie, der Cellulose, welche sich allmälig durch mineralische und organische Substanzen inkrustire, isolire ich aus dem Holzgewebe die drei Organe, die es zusammensetzen, und welche die Botaniker so genau beschrieben haben, d. h. die Gefässe, die Holzzellen (fibres) und das Gewebe, das die Markstrahlen bildet und ich zeige, dass diese Organe durch Elementar-Bestandtheile gebildet sind, welche sich unter einander durch sehr bestimmte Merkmale unterscheiden.

Ich leugne somit im Holz die Gegenwart jener inkrustirenden Substanzen, die, indem sie sich in die Zellen oder Fasern ablagern, die Härte des Holzgewebes vermehren. Ich denke nicht, dass die Substanz, welche zuerst die Wände einer Zelle bildet durch Inkrustation oder Anhäufung, Holzfasern oder Gefässe hervorbringen kann, weil Unterschiede in der Anhäufung der Molekule eines Körpers seine chemischen Eigenschaften nicht ändern, wie Chevreul schon seit lange gezeigt hat. Vielmehr liegt die Ursache der sich mit dem Alter der Pflanze vermehrenden Festigkeit und Härte des Holzes darin, dass die Verdickungsschichten, welche im jungen Holze nur dünne Gewebe bilden, mit der Zeit zahlreicher und dichter geworden sind; aber die chemische Zusammensetzung dieser Gewebe hat keine Veränderungen erlitten. Die Schichten, welche im alten Holz erhärten, die Schläuche der Markstrahlen oder die Holzfasern sind von derselben Natur, wie die, welche schon in einem kaum gebildeten Stengel bestehen, wie ich es an Asparagus erkannt habe.

Die näheren Angaben Fremy's, in Betreff des Untersuchungsganges, der Art und Weise, wie er zu seinen Resultaten gelangt ist, sind offenbar, es muss dies auf den ersten Augenblick auffallen, nicht mit jener Genauigkeit dargestellt, die wir sonst bei wisssenschaftlichen Arbeiten zu finden pflegen und die es uns leicht macht, durch Wiederholung der Versuche die erhaltenen Resultate zu controlliren. Ich gestehe, dass es gerade diese Ungenauigkeit war, die mich misstrauisch gegen eine Arbeit machte, deren Resultate mir sonst als ein wichtiger Beitrag zur Kenntniss der Cellulose erschienen.

Freilich erhoben sich auch einige andere Bedenken gegen die Richtigkeit einzelner Behauptungen, die allgemein anerkannten, erfahrungsgemäss richtigen Grundsätzen der Physiologie und Anatomie allzu schroff entgegen standen, und ehe ich zu der Wiederholung der Versuche selbst schreite, möchte ich die Hauptpunkte jener Angaben einer kurzen Besprechung unterwerfen.

Fremy giebt die Anwesenheit fremder, die Zellenmembran durchdringender Substanzen zu, aber er leugnet, dass in diesen inkrustirenden Substanzen die Ursache jener mannigfachen, abweichenden chemischen und physikalischen Eigenschaften, welche die Zellenmembran je nach ihrem Vorkommen im Pflanzenreiche zeigt, zu suchen sei. Fremy stützt sich dabei zum Theil darauf, dass nach seiner Ansicht die chemischen Eigenschaften eines Körpers durch fremde Beimengungen nicht verändert werden können. In der analytischen Chemie kommt es aber so häufig vor, dass Farbenerscheinungen, z. B. an Niederschlägen, durch die Anwesenheit fremder Körper beeinträchtigt werden oder auch ganz ausbleiben, als Analogon möchte ich namentlich eine allerdings neuere Beobachtung von Wormley und J. Riese anführen, wonach Morphium zu Strychnin gemischt, eine Abnahme der Farbenerscheinungen bei der Strychnin-Reaction bewirkt. Vielleicht, dass Fremy seinen Ausspruch nur auf die Löslichkeitsverhältnisse bezog — aber auch dafür finden sich Analogien; so quillt Seide, welche im rohen Zustande in Nickeloxydul-Ammoniak ziemlich leicht löslich ist, gefärbt angewendet, in diesem Reagens nur auf. Je bekannter diese Thatsachen sind, um so unerklärlicher erscheint es, diesen Ausspruch aus Fremy's Feder zu vernehmen; ich würde an ein Missverständniss von meiner Seite geglaubt haben, wenn ein solches nicht bei dem klar ausgesprochenen Gedanken unmöglich wäre.

Aber gesetzt, die Angabe Fremy's wäre richtig, und jene

Folgerung, nach welcher, wenn eine gewisse Eigenschaft eines Körpers im Allgemeinen nicht vorkommt, überhaupt die Möglichkeit ihres Vorkommens auch in einzelnen Fällen nicht vorhanden wäre — ich sage, gesetzt, diese Folgerung wäre logisch und stichhaltig, so gelangten wir nun zu der Frage: Was setzt Fremy Besseres an die Stelle der alten Annahme? Fremy macht die abweichenden Eigenschaften der Zellenmembranen von besonderen isomerischen Elementarbestandtheilen, welche die Grundlage der verschiedenen Gewebe bilden sollen, abhängig. — Die fertigen Holzzellen und Gefässe der Bäume sind in Kupferoxyd-Ammoniak vollkommen unlöslich, quellen nicht einmal immer und dann nur schwach darin auf; durch vorgängige Behandlung mit Kalilauge und Salzsäure werden sie in jenem Reagens zum Theil löslich und lösen sich ganz, wenn man sie zuvor der Einwirkung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure unterwirft. Andere Zellen und Gefässe, wie z. B. in den fleischigen Wurzeln und Blättern, lösen sich schon in Cuoxam nach vorgängiger Behandlung mit Kalilauge und Salzsäure und noch andere sind unmittelbar mehr oder weniger vollständig in jenem Reagens löslich; ferner im jugendlichen, noch unverholzten Zustande bedürfen die Holzzellen und Gefässe nur einer Behandlung mit verdünnter Kalilauge und Salzsäure, um sich in Cuoxam zu lösen, während sie verholzt, wie gesagt, die vorhergegangene Einwirkung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure nöthig haben. Rechnet man hierzu noch die äusseren Erscheinungen, welche nach der Behandlung mit Reagentien eintreten, wie bei der Beobachtung der Holzzellen namentlich unter Wasser an den Verdickungen der Zellwand kaum irgend welche Schichtung beobachtet werden kann, wie die Schichten jedoch schon nach Einwirkung heisser Kalilauge deutlicher hervortreten und noch im erhöhten Maasse nach Einwirkung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure oder Chromsäure, so zeigen schon diese allgemein bekannten Verhältnisse, dass durch die inkrustirende Substanz die ganze Reihe der Erscheinungen auf eine viel ungezwungenere Weise erklärt werden kann, als mittelst der Annahme Fremy's, wenn diese überhaupt, namentlich bei Berücksichtigung der Entwickelungsstadien und des allmäligen und beständigen Entwickelungsprozesses, den die Zellenmembran erleidet, als zulässig anerkannt werden darf. Freilich glaubt Fremy nicht daran, dass aus der Substanz der Zellen (Cambium) durch Inkrustation und Verdickung Holzzellen und Gefässe hervorgehen können, sondern meint, die Wände und

Verdickungsschichten seien stets von derselben Natur, in den ältesten Zellen so, wie sie sich in den jüngsten Bildungsstadien vorfinden; Vasculose, Fibrose etc. treten also demnach gleich Anfangs als solche und nicht anders auf, sie entstehen nicht durch allmälige Umbildung aus der Cellulose.

Diese Behauptung erscheint allerdings als eine Consequenz der Theorie Fremy's — muss aber einfach als „unmöglich" bezeichnet werden. Wäre sie wahr, dann würden die Hauptsätze der Entwickelungsgeschichte, namentlich der bekannte Erfahrungssatz, dass alle Zellenarten der Pflanze aus einer einzigen Form, dem Urparenchym, hervorgehen, leere Erfindungen, Hirngespinste sein. Und wie wollte wohl Fremy dann die verschiedenen Reactionen, die eine kaum gebildete Holzzelle, ein noch saftführendes Gefäss gegen Chlorzink-Jodlösung, Schwefelsäure, Cuoxam etc. den alten, verholzten Zellen und Gefässen gegenüber zeigt, erklären. Da finden sich eben unlösbare Widersprüche. —

Aber Fremy könnte sich in diesem letzten Punkte geirrt haben. Vasculose, Fibrose etc. könnten sich in der That erst später im Laufe des Lebensprozesses aus der Cellulose entwickelt haben. Allerdings würden hierdurch die neuen Lehrsätze ihre Bestimmtheit und feste Begrenzung verlieren, aber sie würden dann wenigstens nicht den Fundamentalsätzen der Entwickelungsgeschichte entgegenstehen. Die von Fremy aufgestellten Elementarbestandtheile der Gewebe würden somit nur in den ausgebildeten entwickelten Holzzellen, Gefässen, Markstrahlen etc. zu unterscheiden sein, und um hier ein maassgebendes Urtheil fällen zu können, war es nöthig, die Untersuchungen Fremy's sämmtlich zu wiederholen.

Hierbei konnte ich mich nur im allgemeinen Ganzen nach Fremy's Angaben richten, im Besonderen musste ich meinen eigenen Weg verfolgen, da in der Arbeit Fremy's keine näheren Details über Concentration der angewendeten Reagentien, über die Zeitdauer der Einwirkung, über Temperatur etc. zu finden sind.

Als verdünnte Aetzkalilauge wendete ich eine Lösung von 1 Theil geschmolzenem Kalihydrat in 5 Theilen destillirtem Wasser an; als verdünnte Salzsäure 1 Theil Salzsäure von 1,12 spec. Gew. mit 3 Theilen destillirtem Wasser verdünnt; die angewendete concentrirte Salzsäure hatte ein spec. Gew. = 1,12 — 1,80, der rauchenden Salzsäure des Handels; das spec. Gew. der verwendeten Schwefelsäure war = 1,845. —

Abschnitte von Kiefernholz von der Dicke, wie man sie zur mikroskopischen Untersuchung anzuwenden pflegt oder nur wenig dicker und aus Queer-, Tangential- und Radialschnitten bestehend, wurden mit der 15 — 20 fachen Menge verdünnter Aetzkalilauge übergossen und 24 Stunden lang einer Temperatur von 30—35° C. ausgesetzt. Die darauf vorgenommene mikroskopische Untersuchung zeigte die gewöhnlichen Verhältnisse des Holzes nur deutlicher, als vor der Behandlung mit Kalilauge.

Das Holz wurde nun mit destillirtem Wasser wiederholt ausgekocht und dann mit verdünnter Salzsäure 24 Stunden lang bei derselben Temperatur behandelt; die mikroskopische Untersuchung liess keine wesentlichen Veränderungen wahrnehmen. Concentrirte Salzsäure (spec. Gew. = 1,12), welche ich nun zur Einwirkung auf die Holzschnitte verwendete, bewirkte, dass das Holz zum Theil braun gefärbt wurde. Da sich aber weiter keine Veränderung wahrnehmen liess, so wendete ich die rohe concentrite Salzsäure des Handels an. Nach 24stündiger Einwirkung bei 35° zeigte sich das Holz stark braun gefärbt bis zu völliger Undurchsichtigkeit; an eine theilweise Lösung der Markstrahlen, wie dies doch nach den Angaben Fremy's hätte stattfinden müssen, war auch nicht im Allerentferntesten zu denken.

Da, wo der Verkohlungsprozess nicht bis zur vollständigen Undurchsichtigkeit fortgeschritten war, liess sich die Structur des Holzes besonders bei heller Beleuchtung noch sehr genau erkennen; die Markstrahlen mit ihren zackigen Verdickungsschichten waren noch äusserst deutlich und in ihrem ganzen Verlaufe erkennbar zu sehen; die Holzzellen ebenfalls, Tüpfel und Tüpfelräume erscheinen nur etwas aufgequollen und an einigen Stellen zeigten sich die Holzzellen in Folge der Auflösung der Intercellularsubstanz isolirt. Auch nach dreitägiger weiterer Einwirkung der Salzsäure waren keine anderen Veränderungen wahrzunehmen und als darauf das Holz anhaltend mit roher Salzsäure gekocht wurde, erschien nur der Verkohlungsprozess weiter fortgeschritten und ein grosser Theil der Zellen aus ihrer gegenseitigen Verbindung gelöst; die zahlreichen, von mir untersuchten Schnitte zeigten ohne Ausnahme, dass die Salzsäure ganz gleichmässig auf Markstrahlen wie Holzzellen zersetzend eingewirkt hatte.

Ich kann mir den Irrthum Fremy's nur auf die Weise erklären, dass er seine Schnitte nicht genau parallel den Markstrahlen gemacht, sondern in schiefer Richtung; man sieht bei solchen

Schnitten die Markstrahlen bekanntlich nicht zusammenhängend, den ganzen Schnitt quer durchsetzend, sondern abgebrochen, nur theilweise sich durch den Schnitt erstreckend. Da, wo die Holzzellen in der Richtung der Markstrahlen nicht von diesen durchschnitten werden, hat vielleicht Fremy an eine durch die Salzsäure erfolgte Auflösung derselben gedacht, so unwahrscheinlich dies auch für einen, der mit dem Bau und der Untersuchungsmethode der Hölzer vertraut ist, erscheinen mag. —

Durch die weiteren Manipulationen sollte schliesslich nach Fremy's Methode eine vollkommene Isolirung der Gefässe bewirkt werden können. Da die Coniferen keine Gefässe in ihrem Holztheil besitzen, so waren sie natürlich keine brauchbaren Objecte zu diesen Versuchen und ich bediente mich deshalb des Holzes der Laubbäume und zwar, der harten Hölzer sowohl, wie von der Eiche und Buche, als auch der weichen, wie von der Linde und Weide. Die Erscheinungen sind bei allen Bäumen so wenig von einander verschieden, dass ich die Beschreibungen von einander zu trennen nicht für nöthig halte. Im Allgemeinen kann man nur sagen, dass die Einwirkung der Reagentien auf die weicheren Hölzer eine etwas bedeutendere ist und zwar gilt dies namentlich von der lösenden Kraft des Kupferoxyd-Ammoniak und der Schwefelsäure.*)

Holzschnitte von verschiedenen Laubbäumen wurden nun in der angegebenen Weise auf einander folgend mit Kalilauge, verdünnter und concentrirter Salzsäure behandelt. Die Erscheinungen waren dieselben, wie sie sich bei der Kiefer gezeigt, nur die Einwirkung auf die Intercellularsubstanz muss hier als eine sichtbarere bezeichnet werden; die Zellen fanden sich leichter und bei weitem häufiger isolirt vor, und auch die nicht isolirten Zellen hingen mit geringerer Festigkeit zusammen, als dies bei den Nadelhölzern der Fall war. Jedenfalls aber war auch hier an eine Lösung der Markstrahlen durchaus nicht zu denken.

Kupferoxyd-Ammoniak soll nach Fremy die Holzzellen vornehmlich lösen, und die darauf folgende Behandlung mit kalter concentrirter Schwefelsäure den noch zurückgebliebenen Rest von Holzzellen und Markstrahlen hinwegnehmen und so eine vollkommene Isolirung der Gefässe bewirkt werden.

---

*) Nur bei der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure findet, wie ich später noch näher angeben werde, das umgekehrte Verhältniss statt.

Nachdem die Salzsäure sorgfältig durch Auskochen mit Wasser und Weingeist aus den Schnitten entfernt worden, brachte ich dieselben in frisch bereitetes Cuoxam. Nach 24—48stündiger Einwirkung zeigte sich bei der mikroskopischen Untersuchung, dass die grösste Einwirkung auf die Holzzellen stattgefunden hatte, dieselben waren zum Theil gelöst und da, wo eine Lösung nicht stattgefunden, stark aufgequollen. Auf die Markstrahlenzellen hatte sich eine solche Einwirkung nicht gezeigt, die begrenzenden Linien derselben waren deutlich und sehr scharf zu sehen, doch war eine theilweise Lösung der Verdickungsschichten eingetreten, aber ohne dass an den zurückbleibenden eine bedeutendere Quellung wahrzunehmen gewesen wäre. Auf die Gefässe war das Reagens allem Anscheine nach ohne sichtbaren Einfluss geblieben.

Concentrite kalte Schwefelsäure auf dies so vorbereitete Holz einwirken gelassen, löste dasselbe in kurzer Zeit fast vollständig; nur sehr geringe Spuren blieben zurück. An diesen konnten noch Markstrahlen wie Holzzellen wie Gefässe wahrgenommen werden, wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass die Gefässe vorwiegend vorhanden waren.

Die Gefässe der Hölzer widerstehen demnach in der That der Einwirkung chemischer Agentien und namentlich zuletzt der Schwefelsäure kräftiger, als die übrigen Bestandtheile des Holzes, aber es gelingt nicht, sie vollkommen von Markstrahlen und Holzzellen zu befreien, rein darzustellen, und die Angabe Fremy's, „die Gefässe wären unlöslich in Schwefelsäure“, ist unrichtig.

Fremy's Untersuchungen haben sich, einseitig genug, nur auf die Hölzer erstreckt, wenn aber seine neuen Namen, die er für die Wissenschaft erobert, allgemeine Geltung im Pflanzenreiche haben sollten, so musste doch auch das Verhalten der Zellen und Gefässe saftiger Pflanzentheile studirt werden. Da zeigen sich nun ganz andere Verhältnisse. —

Wenn man fleischige Wurzeln (z. B. Daucus Carota) oder Blätter in oben angegebener Weise mit Kalilauge und Salzsäure behandelt, und dabei besonders die concentrirte rohe Salzsäure drei auch vier Tage einwirken lässt, so erscheint der grössere Theil der Schnitte gelöst; der zurückbleibende Rest besteht ganz allein aus Gefässen, ich habe sie mit wenigen Ausnahmen ganz rein, ohne eine Spur anhängender Zellen gefunden. Sie finden sich

etwas braun gefärbt, hin und wieder mehr oder weniger tief eingeschnürt, manchmal zum Theil wohl auch schon der zerstörenden Kraft der Salzsäure erlegen; aber die Möglichkeit ist doch vorhanden, auf diesem Wege die Gefässe rein darzustellen, und wenn man wollte, könnte man diesen Umstand als eine Bestätigung der Fremy'schen Theorie ansehen. Jedoch es finden sich andere Verhältnisse, die gerade das Gegentheil darthun. Behandelt man solche Schnitte aus fleischigen Pflanzentheilen mit Kupferoxyd-Ammoniak, so quellen die Gefässe auf — bei den Hölzern nicht; unterwirft man nun zuvor die Schnitte der Einwirkung von Kalilauge und Salzsäure selbst nur im verdünnten Zustande, so lösen sie sich, Gefässe wie Zellen, in Cuoxam, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen, auf — die Bestandtheile der Hölzer verhalten sich ganz anders. Wie schnell lösend Schwefelsäure wirkt, brauche ich kaum zu erwähnen; Jeder, der sich dieser Säure einmal als Reagens unter dem Mikroskope bedient hat, kennt die oft nur zu schnelle Wirkung.

Das sind aber Unterschiede, die sich zwischen Gefäss und Gefäss zeigen, welche viel bedeutender sind, als diejenigen, die man zwischen Holzzelle und Holzgefäss wahrnehmen kann. Ich muss diesen Umstand als ein wesentliches Moment betrachten, das auf das Bestimmteste gegen Fremy spricht.

Lässt man auf die mit Kalilauge und Salzsäure behandelten Holzschnitte sofort concentrirte Schwefelsäure ohne vorhergegangene Behandlung mit Kupferoxyd-Ammoniak einwirken, so zeigen sich interessante Verhältnisse, die, soviel mir bekannt, noch nicht beobachtet und die ich deshalb hier nicht unerwähnt lassen kann, obgleich die daraus folgenden Schlüsse nur eine Reihe bereits bekannter Thatsachen bestätigen.

Nach 12stündiger Einwirkung (auch noch nach 24 Stunden) erwies sich auch hier der nicht gelöste Rückstand grösstentheils aus Gefässen bestehend, obgleich auch Holzzellen noch reichlich vertreten und auch Markstrahlen vorhanden waren. Eigenthümlich und bemerkenswerth ist aber die Art und Weise der Einwirkung der Schwefelsäure. Dieselbe löst nämlich die Holzzellen wie die Gefässe von Aussen nach Innen und zwar der Reihe nach Verdickungsschicht um Verdickungsschicht, so dass zuletzt nur die innerste Zellenmembran, welche, wie schon lange nachgewiesen, die Porenkanäle auskleidet, zurückbleibt. Sie erscheint nur ein

wenig zusammengeschrumpft, so dass ihr Durchmesser, mit dem Durchmesser des Lumens der Holzzellen, die nicht der Einwirkung von Schwefelsäure ausgesetzt gewesen, verglichen, etwas geringer ausfällt. Die Zellen waren meist bräunlich gefärbt, zum Theil zeigten sie sich aber farblos und äusserst durchsichtig.

Bei der Behandlung von Kiefernholz auf dieselbe Weise traten an den Holzzellen auch ähnliche Erscheinungen ein, wenngleich nicht so ausgeprägt, wie dies bei Eichenholz und besonders bei Buchenholz der Fall war; auch war hier die Zellenmembran meist stark braun gefärbt, mitunter fast schwarz und undurchsichtig, wahrscheinlich in Folge nach der Behandlung mit Kalilauge und Salzsäure zurückgebliebener Harzbestandtheile.

Ich habe die Zellen häufig noch dicht neben einander liegend gefunden, wie sie im ursprünglichen Zustande gelegen hatten. Die einzelnen Porenkanäle dieser Zellen entsprachen einander, wie dies ja als gesetzmässig bekannt; nur die Intercellularsubstanz, die primäre Zellenmembran und die grösste Anzahl der Verdickungsschichten waren verschwunden — die Zellen zeigten sich gleich einem Säckchen mit regelmässigen zackenartigen Auswüchsen.

Schacht hat etwas ganz Aehnliches an einem fossilen Leguminosenstamm beobachtet und ich verweise auf die bei dieser Gelegenheit von Schacht gegebene Abbildung*), die sehr gut das von mir Beobachtete verdeutlicht.

Wie die Holzzellen, so verhielten sich auch die Gefässe. Da, wo dieselben in einer passenden Stellung lagen, konnte man äusserst deutlich die trichterförmigen Tüpfelkanäle und den dazwischen liegenden Tüpfelraum oder vielmehr das den Tüpfelraum auskleidende Häutchen wahrnehmen, während die primäre Zellenmembran und alle Verdickungsschichten bis auf die jüngste Bildung vollkommen gelöst waren; es beweist also auch die Beobachtung die Richtigkeit der Behauptung, dass der Tüpfelraum von einem selbständigen Häutchen ausgekleidet wird.

Den Versuch Schacht's nachzumachen, dürfte nicht leicht Jedermann im Stande sein; nach der hier angegebenen, leicht zu wiederholenden Methode ist aber Jeder auf eine einfache Weise in den Stand gesetzt, sich selbst von der Anwesenheit eines den Tüpfelraum auskleidenden Häutchens, wie einer innersten Zellen-

*) Schacht, Anatomie u. Physiologie der Gewebe. I. p. 27.

membran, welche in die Poren dringt und ein vollkommen geschlossenes Säckchen bildet, zu überzeugen.

Man könnte sich verwundern, dass diese innerste gewöhnlich als zartes Häutchen beschriebene Verdickungsschicht der Einwirkung der Schwefelsäure länger widerstehen soll, als die anderen älteren Verdickungsschichten und die primäre Zellenmembran. Es bestätigt sich eben nur durch diese Beobachtung eine ganze Reihe anderer Beobachtungen, die über diesen Gegenstand bereits veröffentlicht worden sind.

Die innerste, zuletzt angelegte Membran ist in der That nicht so zart, wenigstens nicht zarter als die übrigen Verdickungsschichten, was schon der Umstand beweist, dass Schacht sie noch bei geeigneter Behandlung im Braunkohlenholz auffinden konnte. Diese innerste Membran ist auch nicht aus einem anderen Stoffe zusammengesetzt, wie man vielleicht annehmen könnte, sondern alle Erscheinungen deuten darauf hin, dass sie sich von den anderen Verdickungsschichten nur durch die Abwesenheit der inkrustirenden Substanz unterscheidet. Es scheint mir aber auch in dem Verhalten der Schwefelsäure eine Andeutung zu liegen, dass die inkrustirende Substanz keine Secretion der Zelle ist (wenigstens nicht ausschliesslich), sondern dass hauptsächlich eine stetige, allmälige Umwandlung der Zellensubstanz zu Grunde liegt. Die Cellulose würde demnach in den älteren Verdickungsschichten eine beständige Abnahme erleiden.

Wenn nun das Umwandlungsproduct, die inkrustirende Substanz durch chemische Agentien aus den Zellschichten entfernt werden, so ist es klar, dass diese dann der Einwirkung der Schwefelsäure weniger widerstehen werden als die jüngste, aus reiner, dichter Cellulose bestehende Bildung. Dass letztere in Schwefelsäure schliesslich nicht unlöslich, habe ich bereits bemerkt. Dass ausser diesen Umwandlungsproducten auch wirkliche inkrustirende, ausserhalb der Zellenmembran gebildete und dieser nur infiltrirte Substanzen vorkommen können und auch wirklich vorkommen, brauche ich kaum zu erwähnen.

Als eine unmittelbare Folgerung aus dieser Wirkungsweise der Schwefelsäure ist zu schliessen, dass die Verdickungsschichten nicht parallel der primären Zellenmembran angelegt werden können, sondern dass sich Kreissegmente bilden, die von einem Punkte der primären Zellenmembran ausgehen und stets wieder zur primären Zellenmembran zurückkehren. Es lassen sich übrigens diese halbkreisför-

migen Verdickungen auch direct beobachten, indem man nicht allzu selten Zellen finden kann, wo die Schwefelsäure zwei und drei Schichten unaufgelöst zurückgelassen hat. Da, wo sie die Porenkanäle bilden, sind sie von fast unmessbarer Zartheit, dicker nach dem Innern der Zelle zu werdend. Auch der Umstand, dass sich die Porenkanäle nach Innen zu häufig trichterförmig erweitern, würde mit dieser Darstellungsweise gut übereinstimmen. —

Wollte man aber mit Fremy die inkrustirende Substanz leugnen, so würde keine oder nur eine sehr gezwungene Erklärung der angeführten Beobachtung möglich sein. Man wäre genöthigt, jenem innersten Häutchen eine hervorragende Festigkeit und Widerstandskraft gegen die Schwefelsäure zuzusprechen, wozu durchaus keine Veranlassung vorhanden. Dadurch würde aber auch der Zelle eine vitale Kraft untergelegt werden, die sie durchaus nicht besitzt, nämlich die, zu verschiedenen Zeiten ihres Lebens nach einer Art Selbstbestimmung verschiedene Produkte hervorzubringen. Die Zahl und Mächtigkeit der Verdickungsschichten sind in denselben Organen oft in dicht neben einander liegenden Zellen nicht unbeträchtlich verschieden. Wollte man der innersten Schicht besondere Eigenschaften zulegen, so müsste man an eine Prädestinations-Fähigkeit der Zelle glauben, mit deren Hülfe es ihr möglich wäre, vorher zu bestimmen, wann die Zeit der letzten Verdickungsschichtbildung herangekommen. Das führt aber ad absurdum.

Die Zelle wird so lange thätig sein, als das Organ, dem sie angehört, seine Function zu erfüllen hat. Die Saftströmung, der endosmotische Prozess, dürfte aber nicht vollkommen gleichmässig durch sämmtliche Zellen des Organs und zu allen Zeiten stattfinden und hierin würde dann wohl die Ursache der Verschiedenheiten in der Bildung von Zahl und Mächtigkeit der Verdickungsschichten zu suchen sein.

Einen Beweis für die Richtigkeit obiger Behauptung liefert auch die Schwefelsäure in einer anderen Weise angewendet, nämlich auf die rohen Holzschnitte, die noch keiner anderweitigen Behandlung mit Reagentien unterworfen.

Hier erfolgt die Auflösung nie von Aussen nach Innen, sondern immer von Innen nach Aussen, so dass zuletzt, bei geeigneter sorgfältiger Behandlung, ein Netzwerk der primären Zellenmembran, welche hier der Schwefelsäure am längsten widersteht, zurückbleibt, selbstverständlich zugleich mit der verkittenden Intercellularsubstanz; auch dies wird sich nur zwanglos erklären lassen, wenn

man bei der Annahme der inkrustirenden Substanz stehen bleibt. Diese würde dann in der concentrirten Schwefelsäure gleich der Intercellularsubstanz schwierig löslich sein und die Cellulose der Verdickungsschichten, namentlich aber der primären Zellenmembran, vor der Einwirkung der Schwefelsäure mehr oder weniger schützen. Die Umwandlung der Cellulose wird im Allgemeinen mit dem Alter der Verdickungsschichten abnehmen, die jüngste Bildung aus reiner Cellulose bestehen, die älteste, d i. die primäre Zellenmembran am meisten von dem Umwandlungsprodukt durchdrungen sein und daher der Schwefelsäure am kräftigsten widerstehen.

Was nun die Paracellulose betrifft, unter der Fremy die Membran der Markzellen, Markstrahlenzellen und anderer schlauchartiger Gewebe begreift, so richtet sich, abgesehen von der Unbestimmtheit des letzteren Ausdrucks, die Sache auch in Hinsicht auf Fremy's Charakterisirung nach dem Vorhergehenden von selbst.

Will Fremy Alles das „Paracellulose" nennen, was sich in Kupferoxyd-Ammoniak nicht unmittelbar löst, dagegen in Schwefelsäure und Kalilauge löslich ist, so gehörten, wenn wir auf die Anschauungen Fremy's eingehen wollten, der grösste Theil der Membranen im Pflanzenreich hierher und die wahre Cellulose wäre nur sehr schwach vertreten, denn die Zahl der Zellen, deren Membran sich unmittelbar in Cuoxam löst, ist verhältnissmässig sehr klein, meist erfolgt nur ein Aufquellen und erst nach vorangegangener Einwirkung gewisser chemischer Agentien werden die Membranen löslich. Die Art der Reagentien und die Intensität der Einwirkung, welche nöthig ist, um den gewünschten Erfolg hervorzubringen, ist aber, wie ich auch schon angegeben, in den verschiedenen Organen der Pflanze äusserst verschieden, wodurch unter allen Umständen eine scharfe Trennung unmöglich gemacht wird; oder man müsste so viele neue Namen schaffen, als verschiedene Gewebe im Pflanzenreich vorkommen und noch mehr.

Wir hätten nun noch die Einwirkung der Kalilauge, wodurch nach Fremy eine Auflösung der Markstrahlen und Gefässe und vollkommene Isolirung der Holzzellen hervorgerufen werden soll, zu untersuchen.

Holzschnitte von verschiedenen Nadel- und Laubhölzern (namentlich von Kiefern- und Eichenholz, welche Fremy bei seinen Versuchen anführt) wurden mit Kalilauge (ein Theil geschmolzenes Aetzkali in 1¼ Theile Wasser gelöst) anhaltend gekocht, einige Tage bei einer Temperatur von 30—35° C. digerirt und zuletzt wiederum

gekocht. Durch diese Operationen waren ungefähr ⅔ des Wassers, wie eine nachträgliche alkalimetrische Prüfung ergab, verdampft, so dass also zuletzt eine Lösung von 1 Theil Aetzkali in ½ Theil Wasser eingewirkt hatte.

Die anatomische Untersuchung ergab nun allerdings, dass die Gefässe der Laubhölzer theilweise verschwunden waren; d. h., sie zeigten sich eigentlich mehr zerrissen und die Gefässmembran schien zum Theil übereinandergeschlagen. Es möchte sich schwer beweisen lassen, ob da, wo die Gefässmembran gänzlich zu fehlen schien, eine wirkliche Auflösuug derselben durch die Kalilauge stattgefunden oder ob nur in Folge deren Einwirkung die Membranen erweicht, durch das Kochen zerrissen worden und schliesslich, wie dies an einigen Stellen auch unzweifelhaft stattgefunden, sich übereinandergeschlagen und zurückgelegt hatten. Eine theilweise Lösung der Gefässe ist mir übrigens auch unter den angegebenen Umständen nicht durchaus unwahrscheinlich, da durch noch stärkere Concentration der Lauge eine solche in der That erfolgt, wie ich sogleich näher angeben werde. Sicher ist jedoch, dass auch durch das anhaltendste Kochen bei der oben bezeichneten Concentration der Lauge eine vollständige Auflösung der Gefässe nicht erfolgt; immer zeigen sich an den Seitenwandungen die zerrissenen, unregelmässig zerschlitzten Reste der Gefässmembran.

Besteht nun für diese letzteren in der That ein, wenn auch nicht ganz unzweifelhaftes Wirken der Kalilauge, so muss für die Markstrahlen jede Einwirkung der Lauge bestimmt verneint werden. Dieselben verhielten sich den Holzzellen vollkommen gleich, sie widerstanden der Einwirkung der Lauge auf das heftigste und zeigten durchaus keine Veränderungen in ihrer Structur und zwar dies gleichmässig bei Hölzern mit und ohne Gefässe.

Die Intercellularsubstanz wurde allmälig gelöst, so dass bei gelindem Druck auf das Deckgläschen die einzelnen Zellen der Markstrahlen sowie der Holzzellen sich mehr oder weniger vollkommen von einander trennten. Wurden die so mit Kalilauge behandelten Schnitte mit Wasser und Alkokol gut ausgekocht und der Einwirkung von concentrirter Salzsäure zuerst bei einer Temperatur von 30° C., zuletzt bei anhaltender Siedhitze unterworfen, so löste sich das Holz gleichmässig zum grössten Theil auf, nur verhältnissmässig geringe Spuren blieben zurück; aber an diesen, in Folge des weit vorgeschrittenen Verkohlungsprozesses, zum

Theil fast undurchsichtigen Resten konnten noch ebenso Markstrahlen wie Holzzellen und sogar noch, wenn auch geringe, Reste von Gefässen nachgewiesen werden. Es blieb kein Zweifel, die Lösung der einzelnen Bestandtheile des Holzes war in ganz gleichem Maasse vor sich gegangen.

Wenn das Eindampfen der Kalilauge mit den betreffenden Holzschnitten aber so lange unter anhaltendem Kochen fortgesetzt wurde, bis sich bereits ein grosser Theil des Aetzkali in fester Form abgeschieden, so waren in der darauf folgenden anatomischen Untersuchung nur in einzelnen Fällen noch Reste der Gefässmembran zu sehen, im Allgemeinen mussten sie als gelöst betrachtet werden.

Es war klar, die Membran der Gefässe war der Zerstörung durch die Kalilauge früher verfallen als die der Holzzellen. Wenn somit in dieser Beziehung die Beobachtung Fremy's richtig ist, so muss ich ihm doch bestimmt entgegen treten, wenn er meint, die Holzzellen wären zu der Zeit, wo die Gefässe bereits aufgelöst, von der Kalilauge noch unverändert. Das war nie der Fall, sondern sie zeigten sich stets mehr oder weniger aufgequollen, dagegen konnte ich, wie gesagt, in keinem Falle beobachten, dass die Markstrahlen früher als die Holzzellen der Einwirkung der Kalilauge unterlegen wären, selbst dann nicht, als die Holzschnitte mit der Kalilauge bis zur Trockene abgedampft wurden; beim Schmelzen mit dem trockenen Kali geschah die Lösung oder vielmehr Umwandlung beider gleichmässig.

Fremy rechnet die Membran der Markstrahlenzellen mit den Markzellen zu seiner „Paracellulose". Es bestehen aber zwischen beiden ebenso bedeutende Verschiedenheiten, wie zwischen den Membranen der übrigen Organe der Pflanzen überhaupt, selbst bei verschiedenen Pflanzenfamilien.

Zu vergleichenden Versuchen benutzte ich hauptsächlich das Mark von Sambucus nigra. Dies zeigte sich nun offenbar in Schwefelsäure z. B. leichter löslich als die Markstrahlenzellen der Coniferen, desgleichen in Kalilauge, obgleich es von diesem Reagens viel schwieriger angegriffen wurde als das Parenchymgewebe einjähriger Pflanzen. Eine vollkommene Lösung in Kalilauge fand erst durch Verdampfen bis fast zum Erstarren der Lauge nach dem Erkalten statt. Auch für die Löslichkeit in Kupferoxyd-Ammoniak finden sich Unterschiede: die Markstrahlenzellen im Allgemeinen lösen sich erst nach vorangegangener Behandlung mit

chlorsaurem Kali und Salpetersäure, die Markzellen schon nach aufeinanderfolgender Einwirkung von Kalilauge und Salzsäure.

Die Markzellen verschiedener Pflanzen verhalten sich keineswegs gleich, so z. B. werden die stark verdickten Markzellen von Hoya carnosa von der Schwefelsäure weit schwieriger angegriffen als die schwach verdickten Markzellen von Ribes oder Sambucus; jene nähern sich in ihrem Verhalten zu Reagentien überhaupt mehr den Holzzellen.

Schon beim Erhitzen der Holzschnitte mit Kalilauge von der zuerst angegebenen Concentration wurde die Verbindung der Zellen untereinander so gelockert, die Intercellularsubstanz soweit gelöst, dass ein gelinder Druck auf das Deckgläschen hinreichte, um die einzelnen Zellen von einander zu trennen. Wird aber die Kalilauge durch Abdampfen gehörig concentrirt, so trennen sich die Zellen unmittelbar und man erhält unter dem Mikroskop ein Gewirr von isolirten Holzzellen, die bei nicht sorgfältiger Untersuchung ohne jede Beimischung von Markstrahlenzellen und Gefässen, wie es nach Fremy auch geschehen soll, als vollständig von diesen beiden Bestandtheilen des Holzes befreit erscheinen. Es erhellt aber bei genauerer Betrachtung, dass die Markstrahlenzellen keineswegs gelöst, sondern nur in Folge der Auflösung der Intercellularsubstanz entfernt und oft nicht gleich wahrnehmbar im Gesichtsfelde des Mikroskops sind; die Reste der Markstrahlenzellen kann man noch häufig genug an den einzelnen isolirten Holzzellen wahrnehmen und gelingt es, einen Schnitt auf den Objectträger zu bringen, dessen Zellen noch nicht aus ihrem gegenseitigen Verbande gelöst sind, so sind die Markstrahlen sogar ihrem ganzen Verlaufe nach vorhanden; ein geringer Druck auf den Objectträger genügt aber, die Zellen auseinander zu treiben, die einzelnen Markstrahlenzellen verschwinden unter dem Haufen der Holzzellen und sind nur noch in Resten hin und wieder auf isolirten Holzzellen zu erkennen.

Somit glaube ich zu der Behauptung berechtigt zu sein, dass **durch Behandlung mit Kalilauge eine Reindarstellung der Holzzellen nicht möglich ist.**

Das Verhalten der Gefässe zur Kalilauge, welches allerdings für die Ansicht Fremy's zu sprechen scheint, erklärt sich, wie ich glaube, einfach durch sich selbst, wenn man berücksichtigt, dass die weiten Gefässe den verhältnissmässig schmalen Holzzellen gegenüber der Einwirkung der Aetzlauge eine viel grössere Fläche

darbieten und dass ferner die zahlreichen und weiten Poren der Gefässe die Absorbtion resp. Umwandlung der Gefässmembran wesentlich begünstigen müssen. Und in der That nur bei Hölzern, welche sehr weite Gefässe enthalten, wie dies bei der Eiche der Fall ist, an der ja auch Fremy seine Hauptversuche gemacht, kann die Auflösung der Gefässmembran vollständig beobachtet werden, viel weniger ist dies schon bei der Buche, Erle, Birke der Fall und da, wo die Gefässe verhältnissmässig schmal sind, wie z. B. im Holze von Ribes-Arten, ist kaum eine hervorragende Einwirkung auf die Gefässmembran wahrzunehmen.

Das wäre die Wiederholung der Untersuchungen Fremy's. — Das Resultat ist fast durchgehends ein so negatives gewesen, dass schon allein durch den Ausfall dieser Untersuchungen ein Urtheil über die Fremy'sche Anschauungsweise gefällt scheint.

Jede neue Theorie, selbst wenn sie nicht im Stande ist, die alten Anschauungen zu erschüttern oder gar zu verdrängen, hat wenigstens stets den Vortheil für die Wissenschaft, dass sie gewöhnlich eine Anzahl Untersuchungen hervorruft, die oft nicht unwesentlich dazu beigetragen haben, unseren Gesichtskreis zu vergrössern und auf Grund dieser die alte Theorie selbst in Einzelheiten weiter auszubauen. Diese Folgen scheinen mir auch aus den Untersuchungen Fremy's hervorzugehen; in mir wenigstens haben sie die Ueberzeugung hervorgebracht, dass das abweichende Verhalten, welches die Membranen verschiedener Gewebe bei der Behandlung mit chemischen Agentien zeigen, keineswegs allein die Folge der inkrustirenden Substanz sein kann. Es bestehen Verschiedenheiten, die durch jene Substanz nicht oder nur gezwungen erklärt wurden, wenn dieselben auch nicht so scharf begrenzt und charakterisirt sind, so durchgreifend für bestimmte Pflanzenorgane oder Gewebe, um die Annahmen Fremy's, die Aufstellung einer Anzahl neuer Namen, zu rechtfertigen.

Ehe ich aber zu einer umfassenden Schlussbetrachtung übergehe, habe ich noch die Wirkungsweise einiger anderen Agentien, die sich zu den Membranen der Gewebe ebenso verschieden verhalten, wie die von Fremy angegebenen, zu erwähnen. Ich meine die Chromsäure und das sogenannte Schultze'sche Macerationsverfahren. —

Chromsäurelösung (1 Theil krystallisirte Chromsäure in 4 Theilen destillirtem Wasser gelöst) bewirkt, wie bekannt, ähnlich wie die Schwefelsäure eine vollkommene Lösung der Cellulose,

doch zeigen sich einige Unterschiede, wie wir sehen werden. Auch die Einwirkung der Chromsäure auf die verschiedenen Gewebe in der Pflanze ist nicht gleichmässig. Bei den Holzgeweben werden zuerst die Gefässe gelöst, dann erst die Holzzellen und Markstrahlen, wobei der Lösung ein Aufquellen der Wandung vorhergeht, namentlich bei den Holzzellen ist dieses zu beobachten, weniger bei den Markstrahlenzellen; die Porenkanäle werden dabei immer kleiner und verschwinden endlich ganz. Wenn aber auch die Gefässe durch die Chromsäurelösung leichter angegriffen werden als die Holzzellen etc. (wie ich glaube aus demselben Grunde, den ich oben bei der Kalilauge angegeben habe), so geschieht dies doch nicht in dem Maasse, dass dadurch eine Trennung der Membransubstanz der Gefässe von der, welche Holzzellen und Markstrahlenzellen zusammensetzt, bewirkt werden könnte. Eine bedeutendere Verschiedenheit in der Einwirkung findet aber bei fleischigen Pflanzentheilen statt; da werden die weniger verdickten Parenchymzellen viel schneller gelöst als die Gefässe und bei vorsichtiger Verdünnung mit Wasser im geeigneten Augenblicke gelingt es, die Gefässe oder wenigstens einen Theil derselben von den übrigen das betreffende Organ zusammensetzenden Zellen zu trennen. Vollständig ist jedoch auch diese Trennung nicht möglich; immer wird entweder schon ein Theil der Gefässe mit in Lösung gegangen oder im anderen Falle ein Theil des Parenchymgewebes mit zurückgeblieben sein.

Der Schwefelsäure gegenüber besteht das abweichende Verhalten der Chromsäurelösung darin, dass letztere in allen Fällen zuerst die Intercellularsubstanz und auch die inkrustirende Substanz löst, ehe sie die primäre Zellenmembran und die Verdickungsschichten angreift, während die Schwefelsäure, wenn sie unmittelbar angewendet wird*), bekanntlich zuerst die Cellulose löst und dann erst die Intercellularsubstanz.

Es zeigen sich in Folge hiervon unter dem Mikroskop zwei gänzlich verschiedene Erscheinungen in der Einwirkung dieser beiden Säuren auf die Membran der Pflanzenzellen.

Man verfolgt die Einwirkung am besten bei den verdickten Parenchymzellen oder Gefässen des Holzes. Bei der Schwefelsäure geschieht die Wirkung vom Innern der Zelle nach Aussen;

---

*) Lässt man die Einwirkung von Kalilauge und Salzsäure vorangehen, so verhält sie sich, wie ich oben angegeben, anders.

im günstigen Falle gelingt es, die Verdickungsschichten so zu entfernen, dass allein die primäre Zellenmembran zurückbleibt, und da, wo die Intercellularsubstanz entwickelter ist, sogar auch die primäre Zellenmembran zu lösen, so dass sich nur ein Netzwerk von Intercellularsubstanz zeigt. Schwefelsäure ist deshalb nicht geeignet, beim Studium der Structurverhältnisse der Gewebe und namentlich der Verdickungsschichten angewendet zu werden. Bei der Chromsäure dagegen erfolgt die Auflösung von Aussen nach Innen. Zuerst treten die Verdickungsschichten und Porenkanäle äusserst deutlich hervor, es ist, als wenn ein Schleier von ihnen hinweggezogen würde; die Verdickungsschichten zeigen sich dunkelbraun gefärbt und von einander scharf abbegrenzt, die einzelnen Schichten, stets von ungleicher Mächtigkeit, werden von einander durch einen sehr schmalen Raum getrennt, aus dem offenbar durch die Chromsäure eine Substanz entfernt worden, welche die Verbindung der Schichten miteinander vielleicht ebenso vermittelt, wie die Intercellularsubstanz die Verbindung der Zellen untereinander. Sicher ist, dass diese Substanz, welche neben den die Membranen durchdringenden Stoffen (den eigentlichen inkrustirenden Stoffen) bestehen muss, und die Schichten allseitig umgiebt, die Sichtbarkeit derselben in den meisten Fällen verhindert; die Schichten treten hervor, sobald diese Substanz durch Kalilauge, Chromsäure oder das Schultze'sche Macerationsverfahren entfernt worden ist.

Zu gleicher Zeit wird aber auch die Intercellularsubstanz gelöst, die Zellen fallen bei einem gelinden Druck auf das Deckglas auseinander. Die Chromsäure ist in Folge dieses Verhaltens ein ausgezeichnetes Mittel zum Studium der Holzgewebe, sie übertrifft in ihrer Wirkung die Kalilauge wie das Schultze'sche Macerationsverfahren und ist ausserdem in ihrer Anwendung ungleich bequemer, da sie keine Erwärmung beansprucht.

Durch Abspülen mit Wasser, vielleicht mittelst einer kleinen Spritzflasche, hat man es in seiner Gewalt, diese eben angegebene Einwirkung der Chromsäure in einem beliebigen Stadium zu fixiren, der schliesslichen Auflösung der Zellen vorzubeugen. Diese Auflösung der Zellen erfolgt dann bei gehöriger Einwirkung der concentrirten Lösung stetig von Aussen nach Innen, wobei jedoch nicht wie unter früher bezeichneten Umständen bei der Schwefelsäure die äusseren Verdickungsschichten schneller als die innerste Zelle und Poren auskleidende Membran aufgelöst werden. Bleiben wir bei der Anschauung stehen, dass die Zellenmembranen wäh-

rend ihres Vegetationsverlaufes und je nach ihren physiologischen Functionen eine allmälige Veränderung erfahren, so scheint demnach die Chromsäure gleichmässiger als die Schwefelsäure auf die unveränderten und veränderten Schichten der Zelle zu wirken.

Behandelt man die Holzschnitte erst mit Kalilauge und heisser Salzsäure, ehe man sie der Einwirkung der Chromsäure unterwirft, so werden sämmtliche Membranen der Zellen fast momentan gelöst und es lässt sich nicht entscheiden, ob die Wirksamkeit der Chromsäure eine ähnliche ist, wie die der Schwefelsäure unter denselben Umständen. —

Im Allgemeinen schliesst sich das Macerationsverfahren von Schultz in seiner Wirksamkeit dem eben Gesagten an, nur dass der Gegensatz zur Wirksamkeit der Schwefelsäure hier noch entschiedener hervortritt als bei der Chromsäure. Zuerst wird die inkrustirende Substanz (anorganisch) und der Holzstoff, worunter ich hier vorläufig jede durch einen Umwandlungsprozess der Cellulose entstandene und die Membran durchdringende oder umgebende Substanz verstehen will, entfernt — die Schichtungen treten deutlicher hervor; bei weiterer Einwirkung wird die Intercellularsubstanz gelöst — die Zellen trennen sich von einander, zuletzt quellen die Verdickungsschichten auf und lösen sich, und zwar ziemlich gleichmässig, dagegen widersteht die äussere primäre Zellenmembran der Einwirkung etwas länger. Alle die Zustände kann man, bei genügender Vorsicht während des Erwärmens, von einander getrennt, genau wahrnehmen.

Die Elemente des Holzes verhalten sich ziemlich gleich, Holzparenchym und prosenchymatische Holzzellen wie Markstrahlen und Gefässe unterscheiden sich nicht von einander; nur die sehr weiten Gefässe der Hölzer scheinen etwas eher der Einwirkung des Reagens zu unterliegen, jedenfalls wohl auch aus demselben Grunde, den ich bei der Kalilauge angegeben. Bei Pinus silvestris werden übrigens ausnahmsweise die Markstrahlenzellen, welche sich durch einen grossen Tüpfel auszeichnen, früher gelöst als die Holzzellen, was wohl durch eben diesen Tüpfel, der sich in den Zellen vorfindet, bedingt sein dürfte, da die Markstrahlen, welche jenen grossen Tüpfel nicht besitzen, dafür aber mit eigenthümlichen, zierlichen Verdickungen versehen sind, sich ganz so wie die Holzzellen verhalten.

Auffallend erscheint für den ersten Blick, dass das Splintholz der Einwirkung des Reagens kräftiger widersteht als das Kernholz,

und ebenso weiches Holz kräftiger als hartes, wenigstens unter den Laubbäumen, das Holz der Coniferen wird allerdings fast am schnellsten gelöst. Noch anomaler scheint das Verhalten der einzelnen Bestandtheile des pflanzlichen Organismus, wenn man sie einer vergleichenden Untersuchung unterwirft.

Es zeigte sich nämlich, dass bei der Behandlung von Schnitten durch die verschiedenen Theile eines noch lebensfähigen Zweiges von Fraxinus mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure zuerst, wie zu erwarten stand, das Cambiumgewebe gelöst wurde, dann ziemlich gleichmässig Markstrahlen, Gefässe und Holzzellen und zuletzt merkwürdiger Weise das Mark. Dasselbe widerstand so bedeutend der auflösenden Wirkung des Reagens, dass es fast allein zurückblieb, alle übrigen Bestandtheile des Holzes waren gelöst bis auf einige isolirte Holzzellen, die der Einwirkung entgangen waren, vielleicht auch, dass die letzteren etwas widerstandsfähiger sind als Markstrahlen und Gefässe.

Noch auffallender ist der Unterschied, wenn man Schnitte durch das Mark von Sambucus z. B. gleichzeitig mit Schnitten eines Coniferen-Holzes dem Schultze'schen Mecerationsverfahren unterwirft; letztere lösen sich sehr bald auf, während das Hollundermark kaum angegriffen erscheint, ein längeres Kochen gehört dazu, um dasselbe in vollkommene Lösung überzuführen.

Es scheint mir für dieses von der Einwirkung anderer chemischer Agentien abweichende Verhalten nur folgende Erklärung vorhanden zu sein:

Das Macerationsverfahren wirkt, ehe es die Cellulose angreift, auf die durch einen Umwandlungsprozess aus der Cellulose entstandene Holzsubstanz (Xylogen) und auf die anderen die Membran durchdringenden organischen Stoffe ein. Die auf diese Weise verdünnte, gewissermaassen durchlöcherte Membran wird der weiteren Einwirkung des Reagens weniger widerstehen können als eine Membran, die eine solche theilweise Umwandlung in Holzsubstanz nicht erfahren, und besonders wenn letztere wie im Allgemeinen bei den Zellen des Markes, eine gewisse Festigkeit und Zähigkeit besitzt. Aus dem gleichen Grunde wird Splintholz oder weiches Holz, bei dem die Holzsubstanz noch nicht oder nur wenig entwickelt ist, schwieriger angegriffen werden als Kernholz und hartes Holz. Dass dagegen bei weichen grünen Pflanzentheilen das parenchymatische Gewebe schneller gelöst wird als die Gefässe, brauche ich kaum zu erwähnen.

Von den übrigen chemischen Agentien wirkt nur die Chromsäure ähnlich, wenn auch die Unterschiede nicht so scharf hervortreten als bei diesem Macerationsverfahren.

Ueberblickt man die ganze Reihe von Beobachtungen, die in dem Vorangehenden niedergelegt sind, so drängt sich vor Allem als Hauptresultat die Ueberzeugung auf, dass in der That Abweichungen in dem Verhalten der Pflanzenmembran gegen chemische Agentien vorkommen, welche sich nicht gut und zwanglos allein durch die sogenannte inkrustirende Substanz erklären lassen, dass aber diese Abweichungen sich durchaus nicht in so scharf bestimmten Grenzen darbieten, um, wie Fremy will, zu der Annahme verschiedener Arten von Cellulose zu berechtigen. Eine Paracellulose, Fibrose, Vasculose, d. h. isomere Modificationen von Cellulose, welche bestimmte Gewebe zusammensetzen und sich durch gewisse Reactionen wesentlich von einander unterscheiden sollen, können hiernach nicht als vorhanden angenommen werden.

Eine nur einigermaassen eingehende Prüfung muss die Unbestimmtheit, Ungenauigkeit und theilweise Unrichtigkeit in den Angaben Fremy's darthun und Thatsachen, welche die Haltbarkeit seiner Behauptungen zur Unmöglichkeit machen, aufdecken. So verhalten sich beispielsweise die Markzellen verschiedener Pflanzen je nach ihrer Verdickung ganz abweichend zu den auflösenden Reagentien, ferner die verholzten Markstrahlenzellen des Holztheiles des Gefässbündels ganz anders als die nicht verholzten Markstrahlenzellen des Basttheiles; ebenso zeigen die Gefässe nicht verholzter Pflanzentheile im Verhältniss zu den verholzten Gefässen viel bedeutendere Abweichungen gegen Lösungsmittel, als z. B. die Holzzellen im Allgemeinen zu den Gefässen, ja selbst die grünen, noch Saft führenden Holzzellen werden von sämmtlichen Reagentien viel leichter angegriffen als die todten Luft führenden Zellen.*) — Wenn aber so bedeutende Abweichungen in den Organen, deren Elementarbestandtheile nach Fremy dieselben sein sollen, je nach ihrem Vegetationszustand oder nach ihrer Ab-

*) Jugendliche Zellen schwellen bekanntlich im Wasser mehr oder weniger bedeutend auf; ihre spätere Festigkeit und Unlöslichkeit erhalten sie wohl jedenfalls durch eine allmälige Veränderung ihres Aggregationszustandes und neben diesem natürlich auch durch Verdickung und Inkrustation.



stammung vorhanden sind, wie kann da überhaupt von verschiedenen, ihrem Vorkommen im Pflanzenreich nach scharf abbegrenzt dastehenden Zellstoffarten gesprochen werden.

Ich sehe hier von der noch viel kühneren Behauptung Fremy's ab, nach welcher alle die Zellstoff-Modificationen ursprünglich mit den Organen, deren Elementarbestandtheile sie ausmachen, in der Pflanze auftreten sollen — die gänzliche Unmöglichkeit einer solchen Annahme habe ich bereits aus Gründen der Entwickelungsgeschichte dargethan; sie bestätigt sich auch dadurch, dass die jungen noch nicht verholzten Zellen sich physikalisch und chemisch wesentlich anders verhalten als die alten verholzten Zellen desselben Organs. —

Fremy stützt sich an einem anderen Orte*) noch auf einen Versuch, wonach Pflanzenmark durch längeres Kochen oder mehrstündiges Erhitzen auf 150° in Kupferoxyd-Ammoniak löslich werden soll. Bei Wiederholung dieses Versuches stellte sich heraus, dass Kupferoxyd-Ammoniak allerdings auf die so behandelten Markzellen stärker einwirkt, eine vollständige Lösung aber nicht stattfindet; die Wandung der Zellen erscheint nur beträchtlich aufgequollen. Wollten wir auch nun diesen Einwurf gelten lassen, so kann dies aber doch nur auf die unorganischen Bestandtheile der Membran, wie auch Fremy bemerkt, Bezug haben, die organischen Zwischenlagerungen und Umwandlungen, die doch von derselben vielleicht von noch bedeutenderer Wirkung für das Verhalten der Zellenmembran sind, werden davon nicht berührt und die können in der That durch das anhaltende Erhitzen eine Veränderung erlitten haben, welche die hervorragende Einwirkung des Kupferoxyd-Ammoniak wohl erklärlich machen dürfte.

Auch Pelouze**) scheint sich zu der Meinung Fremy's hinzuneigen. Er schliesst das wirkliche Vorkommen von verschiedenen Zellstoff-Modificationen aus dem Umstande, dass die aus ihrer Lösung in Kupferoxyd-Ammoniak gefällte Cellulose in Salzsäure viel leichter löslich ist, als die natürlich vorkommende, und dass ferner die mit schmelzendem Kali bei 150—190° behandelte Holzfaser in schwacher Kalilauge sich sehr leicht löst. Dies beweist allerdings, wie in Folge der Einwirkung chemischer Agentien Cellulose in isomere Modificationen übergeführt werden kann,

*) Compt. rend. T. 48, p. 358.

**) Compt. rend. T. 48, p. 210 et 327.

aber nicht das Vorkommen solcher Modificationen im Pflanzenorganismus selbst.

Trotzdem möchte ich in Anbetracht des beständigen Wechsels, welchem Zelleninhalt und Zellenhülle während des Lebensprozesses der Pflanze unterworfen ist, das Bestehen solcher Modificationen des Zellstoffs nicht unbedingt leugnen. Wenn Dextrin in Cellulose übergeht, Cellulose in Dextrin, Stärke in Cellulose oder Dextrin und umgekehrt etc., so lässt sich offenbar mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit annehmen, dass bestimmte Uebergangsstufen aus den in Wasser löslichen Verbindungen (Dextrin z. B.) in die unlösliche Cellulose vorkommen werden*). Diese Uebergangsformen aber feststellen, charakterisiren und sogar auf bestimmte Gewebe begrenzen zu wollen, das muss als ein nicht gerechtfertigtes und für die Wissenschaft nutzloses Unternehmen bezeichnet werden.

Sicher sind die Bedingungen, welche das abweichende Verhalten verschiedener Zellenmembranen in chemischer und physikalischer Beziehung veranlassen, sehr verschiedener Art.

Da ist zuerst der Feuchtigkeitsgehalt der Zellenmembran von grosser Bedeutung. Ich darf kaum daran erinnern, welchen Einfluss die Feuchtigkeit auf den Härtegrad und die Elasticität der Pflanzenzelle ausübt, aber auch auf das Verhalten des Zellstoffs zu seinen Lösungsmitteln ist der Feuchtigkeitsgehalt von entschiedener Wirksamkeit. Im Allgemeinen kann man sagen, dass alle saftführenden Zellen der Einwirkung chemischer Agentien geringeren Widerstand entgegensetzen als die ausgetrockneten, luftführenden derselben Art**). Auffallend tritt dies bei Kupferoxyd-Ammoniak hervor: die noch Saft führenden Zellen der Hölzer quellen in diesem Reagens z. B. stets mehr oder minder auf, Schnitte dagegen von einem ausgetrockneten Holz zeigen kaum eine Quellung; lässt man solche Schnitte aber vorher von Wasser durchweichen, so bieten sich sogleich bedeutendere Quellungserscheinungen. (Vielleicht beruhen auf diesem Umstande auch die verschiedenen Re-

*) So ist sicher für die Samenschleime eine solche Modification der Cellulose anzunehmen. Cramer hält sie sogar für Cellulose selbst (drittes Heft der pflanzenphysiologischen Untersuchungen von Nägeli und Cramer). Dasselbe ist wohl auch bei der schleimgebenden Substanz der Algen (Sphaerococcus crispus) der Fall.

**) Das Macerationsverfahren von Schultz macht hier eine kleine Ausnahme, ich muss deshalb auf die betreffende Stelle meines Aufsatzes zurückweisen.

sultate, welche Cramer*) einerseits und Weiss und Wiesner**) andererseits bei der Behandlung der Hölzer mit Kupferoxyd-Ammoniak erhalten haben.

Ferner wichtig ist die Verdickung. Wer dürfte es nicht erklärlich finden, dass die zarten Membranen des parenchymatösen Bildungsgewebes z. B. leichter der auflösenden Kraft chemischer Agentien unterliegen, als die stark verdickten Bastzellen, Holzzellen oder Gefässe, da erstere im Verhältniss zur Masse der Einwirkung einen viel grösseren Flächenraum darbieten.

Ausserdem ist der Aggregationszustand der Cellulose an und für sich bestimmt nicht überall gleich; die bedeutendere oder geringere Festigkeit der Membran wird auch nicht ohne Einfluss auf die Einwirkung der Reagentien bleiben.

Von bedeutender Wirkung muss auch die inkrustirende Substanz, sei sie nun organischer oder anorganischer Natur, sein; das sehen wir namentlich bei solchen Zellenmembranen, deren Gehalt an inkrustirender Substanz sehr bedeutend ist, so dass bei den verkiesten Zellen z. B. nach dem Glühen derselben ein vollkommenes Kieselskelet von der Form der Zelle zurückbleibt. Dass auch kohlensaurer Kalk in der Zellenmembran sich findet, ist bekannt; oxalsaurer Kalk ist kürzlich erst von mir in der Membran der Samenschopfhaare von Asclepias-Arten***) nachgewiesen worden. Um auch für die organischen Infiltrationen an ein Paar bekannte Beispiele zu erinnern, so erwähne ich der Stärke in den Zellen von Cetraria islandica, des hornartigen Albumens vieler Pflanzen (Cyclamen) des Embryo von Schotia etc.

Die Pektose in den Zellen der fleischigen Wurzeln und Früchte dürfte wohl eher als ein Umwandlungsprodukt der Cellulose, und nicht als Infiltration zu betrachten sein. Jedenfalls würden wir hier noch einige Stoffe mehr aufzuführen haben, wenn wir im Stande wären, Zelleninhalt und Zellenmembran gesondert der Analyse zu unterwerfen, oder wenn die mikrochemische Methode zuverlässiger und ausgebildeter wäre.

Die Angabe Fremy's, dass durch die inkrustirende Substanz die Löslichkeitsverhältnisse der Cellulose nicht wesentlich verän-

---

*) A. a. O.

**) A. a. O.

***) W. Kabsch, Ueber die Haare des Samenschopfes der Asclepiadeen. Bot. Zeitung, 1863. Nr. 5.

dert werden, muss hiernach entschieden zurückgewiesen werden. Aber auch physikalisch werden jene Stoffe die Zellenmembran verändern, sie im Allgemeinen härter, aber weniger elastisch machen.

Ausser dieser inkrustirenden Substanz sind auch die Umwandlungsprodukte der Cellulose und zwar von all den angegebenen Punkten am meisten zu berücksichtigen. Offenbar sind diese Umwandlungsprodukte nicht immer dieselben; schon Payen fühlte sich veranlasst, vier verschiedene Verbindungen, sämmtliche reicher an Kohlenstoff und Wasserstoff als die Cellulose, anzunehmen. Payen rechnet sie allerdings zu den inkrustirenden Substanzen, sie gehören aber sicher den Umwandlungsprodukten der Cellulose an. Die Zahl dieser Verbindungen ist aber noch viel mannigfaltiger als Payen angenommen; je nach dem Gewebe oder der Pflanze, von der sie abstammen, scheinen sie verschieden zu sein. Ja, ich glaube, es liegt sehr wohl die Berechtigung vor, anzunehmen, dass diese Umwandlungsprodukte zwar allerdings chemische Verbindungen sind, aber nicht von solcher Bestimmtheit, um ihre Zusammensetzung durch allgemein gültige Formeln wiedergeben zu können. Sie werden nicht nur bei verschiedenen Pflanzen, sondern im Pflanzenindividuum selbst je nach den Organen und dem Ernährungsverhältniss variiren.

Dass die Cellulose überhaupt chemischen Umwandlungen unterworfen ist, davon geben die Cuticularschichten, die Entstehung des Korkes, der Cuticula und wahrscheinlich auch der Intercellularsubstanz unwiderlegbar Zeugniss. Aber auch die von mir mitgetheilte Einwirkungsweise der Schwefelsäure muss hierfür als beweisend angesehen werden, und zwar speciell noch dafür, dass die sogenannte Holzsubstanz nur ein Umwandlungsprodukt der Cellulose ist und der inkrustirenden Substanz nicht beigezählt werden darf. Die Einwirkungsweise der Schwefelsäure war eine ganz verschiedene, je nachdem diese Umwandlungsprodukte durch vorgängige Behandlung mit Kalilauge und Salzsäure entfernt worden oder nicht. Infiltrirte, die primäre Zellenmembran nebst den Verdickungsschichten gleichmässig durchdringende Stoffe hätten ein solches Verhalten der Schwefelsäure nicht veranlassen können; in diesem Falle würden sicher die nach Entfernung der inkrustirenden Substanz zurückbleibenden Membranen gleichmässig und nicht in der oben beschriebenen Weise von dem Reagens angegriffen worden sein. Freilich wird man oft nicht bestimmt unter-

scheiden können, was zur inkrustirenden Substanz, die also ausserhalb der Zellenmembran entstanden und derselben nur infiltrirt ist und was zu den Umwandlungsprodukten der Zellenmembran selbst zu rechnen, doch dürfte die Mikrochemie, die uns jetzt noch im Stich lässt, dies bei weiteren Untersuchungen noch aufhellen. So glaube ich, dass die Pektose im Allgemeinen, schon der einzelnen Fälle wegen, wo sie die Intercellularsubstanz vertritt, ein Umwandlungsprodukt der Zellenmembran ist und derselben nicht blos infiltrirt.

Wie dem aber auch sei, soviel steht fest, dass, wenn wir uns die Atome in der Zellenmembran selbst während des Lebensverlaufes der Pflanze in beständiger Bewegung denken, in einer chemischen Action, deren Produkte je nach dem Organe, der Pflanze, je nach dem Alter der Zelle und der Nahrung, die ihr geboten wird, verschieden ausfallen, so könnte man geneigt sein, jene allerdings oft bedeutenden Abweichungen der Zellenmembranen in chemischer und physikalischer Beziehung von diesen Verhältnissen allein abhängig zu machen.

Diese Abweichungen müssen aber erklärlich, selbstverständlich, ja unausbleiblich erscheinen, wenn wir auch die anderen oben angegebenen Punkte, welche entweder sämmtlich oder nur zum Theil ihren Einfluss geltend machen, berücksichtigen. Sicher haben wir nicht nöthig, zu der künstlichen durch keine beweisenden Thatsachen gerechtfertigten Anschauungsweise Fremy's zu greifen.

Selbst für die Gewebe der Pilze und Flechten, für die man mit viel grösserem Recht schon von mehreren Seiten einen besonderen Elementarstoff geglaubt hat beanspruchen zu müssen, dürfte es schwer fallen, bestimmte allseitig durchgreifende Charaktere festzustellen. Aber eine sorgfältige Prüfung der verschiedenen Pilz- und Flechtengattungen mit denselben chemischen Reagentien würde, wie ich glaube, darthun, dass wenigstens für die grosse Mehrzahl derselben ein Elementarstoff vorhanden ist, der sich scharf von der Cellulose unterscheiden lässt.

Zürich, im Februar 1863.

Das Plasmodium.

Von

L. Cienkowski.

In meinem Aufsatze, „Zur Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten"*), beschrieb ich die bewegliche Protoplasmamasse (das Plasmodium) bei Physarum album. Wenn ich auch im Wesentlichen dieselben Erscheinungen, die de Bary entdeckte, wiederfand, so stimme ich doch in der Auffassung der Thatsachen mit ihm nicht überein. Die bewegliche Protoplasmamasse der Myxomyceten ist nach de Bary's Vorstellung ein vielfach verzweigter Schlauch, dessen Wand eine weiche, schleimige, stickstoffhaltige Membran darstellt, deren Inhalt mit einer contractilen sarcodenartigen Substanz erfüllt ist. Die Membran wird nicht gegen den Inhalt hin scharf abgegrenzt, jedoch die das faule Holz bewohnenden Protoplasmastränge (der Lycogala, Arçyria) besitzen sogar eine derbe, deutlich doppelt conturirte Hüllhaut**). Der Membran wird von de Bary selbstständige Contractilität abgesprochen und dieselbe nur der eingeschlossenen Sarcode vindicirt — die Hülle verhält sich bei der Bewegung passiv, wird mitgeschleppt. Nach meiner Auffassung ist das Plasmodium hüllenlos. Es besteht aus zwei sich durchdringenden, in verschiedener Weise beweglichen Substanzen, einer zähen, contractilen Grundmasse, die an den Umgrenzungen der Zweige als ein heller Saum erscheint, und einer fliessenden, feinkörnigen Substanz***).

*) Diese Jahrbücher, 1862. Bd. III. Heft 2. S. 325.

**) Die Mycetozoen, pag. 41, 46. (Sep.-Abdr. aus der Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. 10.

***) l. c. pag. 326.

Das ganze Plasmodium wird von de Bary als ein einzelliges Gebilde gedeutet, gleichviel, ob es durch Anwachsen einer Amoebe oder durch Verschmelzen mehrerer entstand*). Ich betrachte dagegen die bewegliche Protoplasmamasse als flüssig, in Zellen nicht zerlegbar, als ein Gebide, auf welches das frühere gangbare Zellenschema gar nicht anzupassen sei.

Im verflossenen Sommer suchte ich mir ein reicheres Material von Myxomyceten, wozu der Berliner Thiergarten vielfach Gelegenheit darbot, zu verschaffen, um meine Untersuchungen auf mehrere Species auszudehnen. Ich fand das Plasmodium bei Didymium Serpula Fr., Didymium leucopus Fr., Licea pannorum Wallr., Physarum plumbeum Fr., Ph. sinuosum Weinm.; Aethalium septicum und noch bei einigen nicht zu bestimmenden Species. — In der vorliegenden Untersuchung will ich mich zunächst an das Plasmodium der drei erstgenannten Myxomyceten halten, theils weil sie leicht zu finden sind, theils weil die Entwickelung der Protoplasmamasse aus den Sporen bei D. leucopus sich ermitteln liess.

Die Erscheinungen, die man am Plasmodium wahrnimmt sind so treu und ausführlich von de Bary in seiner vortrefflichen, oben citirten Schrift geschildert worden, dass ich eine detaillirte Beschreibung der von mir untersuchten Fälle unterlassen kann, und aus dem vorhandenen Material nur die Verhältnisse hervorheben will, welche zum Verständniss des Gegenstandes und zur Besprechung der streitigen Punkte nothwendig sind.

I.

Das Plasmodium von Didymium Serpula fand ich überaus häufig im Thiergarten in den Sommermonaten auf faulenden Blättern und Zweigen, die längere Zeit in Haufen zusammen lagen. D. Serpula gehört mit dem Physarum sinuosum und Craterium leucocephalum Dittm. zu den gewöhnlichsten hier vorherrschenden Myxomyceten. Sein Plasmodium (Taf. XVII. Fig. 13) ist gelb, baumartig verzweigt. Die durch zahlreiche Anastomosen verbundenen Aeste werden von den Hauptsträngen ab gegen die Peripherie immer dünner und engmaschiger, bis sie schliesslich in eine vielfach durchlöcherte, grünliche Platte verschmelzen. Die Bewe-

*) l. c. pag. 75.

gungen sind zwar mit unbewaffnetem Auge direct nicht wahrzunehmen, jedoch sind sie merklich an der Veränderung der Lage, der Configuration der Zweige, die dieselben schon nach etwa zehn Minuten annehmen. Deswegen ist auch eine treue Abbildung der Protoplasmamasse für den Zeichner keine leichte Aufgabe. Ich benutzte die Eigenschaft, die das Plasmodium besitzt, in Alkohol zu erstarren, um es zu fixiren, bewegungslos zu machen. Ein prachtvolles Exemplar, welches ich auf einer Glasplatte aus den ruhenden Zuständen in Wasser sich entwickeln liess, begoss ich mit Alkohol, und da bei diesem Verfahren das Plasmodium sich nicht wesentlich veränderte, mit Ausnahme des peripherischen Randes, der ein wenig zummengeschrumpft ausfiel, so bekam ich ein Präparat, welches sich nicht allein zum Abzeichnen, sondern vorzüglich zum Photographiren eignete. Taf. XVII. Fig. 13. ist so ein Bild nach dem photographischen Muster copirt; Fig. 12. stellt zur Vergleichung ein kleineres ohne Behandlung mit Reagentien abgezeichnetes Exemplar dar. Das Plasmodium von D. Serpula gehört zu den grössten, die man kennt. Bei starker Entwickelung überzieht es fremde Gegenstände auf fussweite Strecken, auch in die Tiefe mehrere Zoll sich verbreitend. Hier, wo mehr Wasser vorhanden, ist die Protoplasmamasse sehr flüssig, grün gefärbt, dagegen in der Nähe der Oberfläche des Haufens wird es immer consistenter und gelber. An trockenen Blättern findet man es in Form eines weitmaschigen, gelben Netzes oder in Platten mannigfacher Gestalt (Taf. XVII. Fig. 15.). Bei diesem Aussehen ist das Plasmodium hart, brüchig, bewegungslos; es ist in den ruhenden Zellenzustand übergegangen, in eine Unzahl von Kugeln zerfallen. Wo solche Zustände massenhaft auftreten, da sucht man auch vergebens nach der charakteristischen Peridie dieser Myxomycete. Die ruhenden Stadien und die Früchte kommen selten nebeneinander vor. Bei der Bildung der letztern fliesst das Plasmodium in eine graue, siebartig durchlöcherte Platte zusammen, die nicht allein faulende Pflanzentheile, sondern oft Stengel und Blätter lebender Kräuter überzieht (Taf. XVII. Fig. 17.). Wir vermögen also an den grossen Plasmodien des D. Serpula mit unbewaffnetem Auge die bekannten Hauptmomente der Entwickelung der Myxomyceten, die bewegliche Protoplasmasse, den ruhenden Zustand und die Frucht leicht zu überblicken.

Der Habitus des Plasmodium von D. Serpula wiederholt sich bei sehr vielen Myxomyceten, dagegen die Grösse, die Farbe, die

Dicke der Stränge und ihre Beweglichkeit ändert sich ausserordentlich. So ist z. B. die Protoplasmamasse von D. leucopus nur viel kleiner, weiss, von viel fliessender Consistenz; das von Licea pannorum hat noch geringere Dimensionen und ist mit unbewaffnetem Auge kaum wahrzunehmen.

Zu der ersten Orientirung eignen sich die sehr fliessenden Plasmodien besonders, weil hier die Bewegungserscheinungen mit einer grossen Intensität vollzogen werden. Deswegen wenden wir uns zuerst an die Protoplasmamasse der D. leucopus, um es dann gemeinschaftlich mit D. Serpula der mikroskopischen Analyse zu unterwerfen.

Bei einer schwachen Vergrösserung ($\frac{1}{100}$, Taf. XVIII. Fig. 7.) ergiebt sich das Plasmodium als ein unregelmässiges Netz einer Schleimmasse, die in steter fliessender Bewegung begriffen ist, so etwa wie die Saftströmchen in den Tradescantiahaaren, wenn man sich die Zellwand wegdenkt und die Grössenverhältnisse in colossalem Maassstabe sich vorstellt. Wenn auch die Ströme sehr verschiedene Bahnen befolgen, so ist doch ihre herrschende Richtung eine Zeit lang gegen die Peripherie geleitet, wo das von allen Seiten zufliessende Protoplasma in eine einförmige Masse zusammenschmilzt. Die Maschen der Plasmodiumnetze sind oft regelmässig, vieleckig, die Wände glatt oder wellig. Ist das Fliessen langsam, so bleibt das ganze Bild einige Zeit unverändert, sobald sich aber eine stärkere Bewegung einstellt, dann ändern die Aeste, Zweige, Netze jeden Augenblick die Lage und Gestalt. Die unterwegs ihrer Länge nach sich berührenden Aeste, die anstossenden Ausbuchtungen, ja sogar das ganze Plasmodium, wie es in Tafel XVIII. Fig. 7. dargestellt ist, kann in einen Strang zusammenschmelzen. Auch ein entgegengesetzter Vorgang, das Zerfallen der Protoplasmamasse in gesonderte Theile durch das Dünnerwerden und Zerreissen der Zweige, ist eine gewöhnliche Erscheinung.

Dieses mannigfach gestaltete Aussehen des Plasmodiums wird noch durch die ihm zukommende Eigenschaft, an beliebiger Stelle Zweige entstehen zu lassen oder diese einzuziehen, in hohem Grade befördert. An verschiedenen Orten eines Stranges bilden sich Ausbuchtungen, die durch den einfliessenden Strom in einen neuen Zweig sich gestalten. Ist das Hineinströmen sehr intensiv, so schwillt das Astende keulenförmig immer mehr an, wird flach und breitet sich schliesslich als eine äusserst dünne, von Lücken durchbohrte Schicht auf dem Objectträger aus. Auf diese

Weise bildet sich aus dem Aste der peripherische Theil des Plasmodiums, die Platte, welche gewöhnlich den Rand des Wassertropfens einnimmt und dadurch das Streben der Protoplasmamasse in Berührung mit atmosphärischer Luft zu kommen, augenscheinlich macht.

Um die nähere Einsicht von der Beschaffenheit des Plasmodiums zu gewinnen, müssen wir dasselbe mit einer stärkeren Vergrösserung betrachten. Untersuchen wir zuerst einen nicht weit von der Peripherie entfernten Theil desselben. Wir sehen hier eine Schicht farbloser Grundmasse, in welcher eine feinkörnige Substanz eingestreut ist (Taf. XVIII. Fig. 9.). Die Körnchen sind nicht gleichmässig vertheilt, sondern sie lassen zahlreiche Stellen der durchdringenden Grundmasse unbedeckt. Die Continuität der letzten ist vielfach von Lücken der verschiedensten Grösse durchbrochen. An den Umgrenzungen der Lücken kommt die Grundmasse entweder ganz frei zum Vorschein oder sie ist auch mit zahlreichen Körnchen gemengt. Dieselben Verhältnisse finden wir an dem peripherischen Rande des Plasmodiums wieder. Bei sehr umfangreicher Ausbreitung seiner Substanz ist der Rand kaum warnehmbar — die Contur erscheint wie verwischt (Tafel XVIII. Fig. 10.). Ist die Platte etwas dicker, so sehen wir die Grundmasse, wie an dem Lückenrande als hyaliner Saum, der stellenweise ganz körnerfrei ist, erscheinen.

Um uns über die Structur der Zweige und grösseren Stränge Rechenschaft zu geben, wollen wir die Bewegungen in der Platte näher ins Auge fassen.

Die Körnchen, die wir in der Nähe des peripherischen Randes bewegungslos sahen, können unter den Augen des Beobachters in fliessende Bewegung gerathen, die durchschimmernde Grundsubstanz aber bewährt stets dabei ihre Ruhe (Taf. XVIII. Fig. 9. st.) Auf diese Art plötzlich entstandene Strömchen wenden sich nach verschiedenen Seiten, münden in grössere, die die körnige Substanz den dickeren Strängen zuführen. So wie sich die Ströme in der Grundmasse bildeten, in derselben Weise können sie aufhören zu fliessen, indem die Körnchen, die sie führten, sich in der Grundmasse vertheilen. Daraus folgt mit Bestimmtheit, dass die Strömungen in der Platte nicht in eigene Wände eingebettet sind, wohl aber sich den Weg in der bewegungslosen Grundmasse zwischen ruhenden Körnchen bahnen. Bei starkem Abfluss der körnigen Substanz wird nun, wie ich es schon früher erwähnte,

die ganze Platte mit Strömungen, Lücken, Netzen, oft mit grosser Geschwindigkeit eingezogen. Die gesonderten Strömungen vermischen sich, die Lücken werden platt gedrückt, ihre genäherten Ränder, sowie die sich berührenden Aeste verschmelzen und der ganze ausgebreitete Theil des Plasmodiums wird in einen blind endenden Strang verwandelt. Sein Inneres ist jetzt von einem Strom körniger Substanz eingenommen. Die hyaline Grundmasse der Platte erscheint als heller, um den Strang sich hinziehender Saum, der keinen Antheil an der fliessenden Bewegung nimmt. Fremde, zufällig an seiner Oberfläche haftende Schleimpartikelchen werden nicht, wie es z. B. bei den Polythalamien leicht zu sehen ist, hin und her geführt, je nach der Richtung des Stromes, vielmehr bleiben sie an derselben Stelle längere Zeit bewegungslos liegen (Taf. XVIII. Fig. 11. gm). Bei mächtigem Zurückfliessen des Stromes kann die weniger bewegliche Grundmasse nicht nachfolgen und erscheint an dem freien zum Theil von Körnchen entblössten Strangende als ein glasheller solider Körper, der sich ununterbrochen in den hellen Raum fortsetzt. Der letzte ist auch hier gewiss nichts anderes als der körnerlose Rand der Grundmasse (Taf. XVII. Fig. 16. gm).

Die zwei Bestandtheile des Plasmodiums treten mit der grössten Deutlichkeit in den dünnen Verbindungsästen desselben hervor, wo oft die Grundmasse als ein Faden von ausserordentlicher Feinheit erscheint. Mitunter ist diese dünne Verbindungsbrücke ganz körnchenlos, dann ist auch in ihr kein Fliessen wahrzunehmen. Wenn aber aus dem benachbarten Ast ein schwacher Strom hineinfliesst, so sieht man Anfangs nur eine Körnchenreihe oder gar nur ein einziges Körnchen längst des Fadens zum anderen Ast hinübergleiten. Es unterliegt also in solchen Fällen keinem Zweifel, dass nicht die ganze Masse in der Bewegung begriffen ist, vielmehr befindet sich die Grundsubstanz vollständig in Ruhe und in ihr ist eine andere fliessende Substanz vorhanden.

Besonders instructiv sind die sich zahlreich wiederholenden Fälle, wenn der Strom nicht continuirlich, sondern mit Zwischenpausen nach dem Faden hin abfliesst. Die körnige Substanz sammelt sich hier nur an manchen Stellen und veranlasst die Bildung linsenförmiger Anschwellungen in der Grundmasse des Fadens (Tafel XVIII. Fig. 8. l). Die Zahl und Grösse jener Linsen hängt natürlich von der Dauer der Unterbrechungen des Stromes ab, wie auch von der Quantität der auf einmal nach jeder Zwischenpause

abfliessenden Substanz. Diese isolirten Massen der körnigen Substanz können längs des Fadens hin und her gleiten, sich nahen, in eine grössere Anschwellung zusammenfliessen oder von einander entfernen — die Grundmasse des Fadens bleibt auch hier unbeweglich. Kommt nun aus dem benachbarten Aste immer neuer Stromzuschuss hinein, dann werden die Linsen an einander gerückt und mit der nachfolgenden körnigen Substanz in eine gemeinschaftlich fliessende Masse vereinigt. Der Verbindungsfaden wird dadurch in einen gewöhnlichen Zweig verwandelt. Wir werden unten sehen, wie man von den erwähnten Verhältnissen beim Aufsuchen analoger Erscheinungen Gebrauch machen kann.

Wenn uns auch bei der Betrachtung des Plasmodiums als Träger der Bewegung immer die körnige Substanz entgegentritt, so ist dessenungeachtet die Grundmasse auch einer selbständigen, von der fliessenden Substanz unabhängigen Bewegung fähig. Schon de Bary hat mit Recht zwischen kleinen, tentakelartigen Zweigen, die sich aus dem hyalinen Saume bilden, und gewöhnlichen Plasmodienästen unterschieden*) (Taf. XVII. Fig. 16 a.). Der Impuls zur Bildung der gewöhnlichen Zweige ist entschieden in der fliessenden Substanz zu suchen; die ersten, inhaltleeren gehören der Grundmasse. Ausserdem ist eine hohe Contractilität und die Fähigkeit, sich zu dehnen, in lange Fäden zu ziehen und in Platten auszubreiten, für die Grundmasse charakteristisch. Daher kommen fadenartige Zweige besonders deutlich da zum Vorschein, wo im Plasmodium die flüssige Substanz wenig vertreten ist und wo also die Grundmasse ungestört ihre Bewegungen vollbringen kann. Deshalb wird das Plasmodium den Habitus ausserordentlich ändern, je nachdem die Grundmasse oder die körnige in seiner Zusammensetzung überhand nimmt. So sind z. B. die kleinen aus den Ruhezuständen oder aus Sporen gezogenen Plasmodien, wo die fliessende Substanz sparsam vertreten ist, durch Neigung, sich in Fäden zu ziehen, ausgezeichnet. Später, wenn die flüssige Substanz sich mehr anhäuft, treten vorherrschend blind endende grosse Zweige hervor (Taf. XVIII. Fig. 5., 10.). Es ist natürlich dadurch noch nicht ermittelt, warum an verschiedenen Stellen eines und desselben Plasmodiums die körnige Substanz in ungleicher Weise sich vertheilen kann. Von welchen Ursachen dieses auch abhängen mag, so wird der Einfluss, den das reichere oder gerin-

*) Die Mycetozoen, pag. 41.

gere Auftreten der fliessenden Substanz auf den Habitus und die gesammte Bewegung des Plasmodiums ausübt, kaum zu bezweifeln sein.

Wenn auch in allen von mir untersuchten Fällen das Mitgetheilte sich bestätigt, so sind doch zur Prüfung meiner die Bestandtheile des Plasmodiums betreffenden Angaben die dickflüssigen (D. Serpula, Physarum sinuosum u. d. g.) besonders geeignet. Handelt es sich dagegen um die Frage, ob die Protoplasmamasse der Myxomyceten als ein nacktes oder eingehülltes Gebilde anzusehen sei, so wird man sich an die sehr flüssigen und beweglichen Plasmodien (Ph. album, D. leucopus) halten müssen.

Wir haben bis jetzt Plasmodien von ausserordentlicher Grösse kennen gelernt. Bei anderen Species kommen in ihrem beweglichen Protoplasmazustande dieselben Erscheinungen vor, wenn auch in geringem, oft mikroskopischem Maassstabe. Zu solchen Plasmodien gehört das der Licea pannorum Wallr.*). Ich fand es in faulenden Pflanzentheilen (Mohrrüben), in welchen ich Liceasporen aussäete. Ihr Plasmodium bedeckt die faulenden Theile in Form hyaliner Massen, die in zahlreiche, spitze Fortsätze auslaufen. Im Wasser unter dem Deckglase verlässt dieses Plasmodium das Substrat und breitet sich auf dem Objectträger in Form eines Kreissegmentes aus (Taf. XIX. Fig. 1.), dessen convexer Rand, mit zahlreichen Ausbuchtungen und Spitzen, gezackten Zweigchen versehen, die Basis fast geradlinig erscheint.

Der Inhalt der so ausgebreiteten Platte ist farblos, von vielen Lücken durchbohrt. Die Grundmasse ist stark vertreten, die körnige kaum bemerkbar und das sehr langsame Fliessen nur hie und da wahrzunehmen; die Umrisse waren so wenig beweglich, dass ich das Bild mit einer Camera lucida bequem aufnehmen konnte. Durch äusserst langsame Contractionen und Dehnungen gestaltet sich die Platte in baumartige und Netze bildende Formen

*) Die Peridien der Licea pannorum bilden auf faulenden Blättern, schwarze oder gelbe, gehäufte Kügelchen (0,3—0,5 Mm.); im feuchten Zustande ist ihre Farbe dunkelroth (Taf. XVII. Fig. 1). Die Wand der Frucht ist structurlos, die Innenfläche mit zahlreichen, eingestreuten Körnchen bedeckt; die Oberfläche glatt ohne Kalküberzug. Gelbe Sporen füllen die Frucht aus. Aeusserst selten findet man zerstreute, dichotomisch verzweigte, kurze Capilitiumfäden mit eingewachsenen kleinen Körnchen. Die Spore ist rund, 0,012 Mm. gross, ihre Wand mit zahlreichen Wärzchen bedeckt, der Inhalt farblos. Mitunter kommen Sporen von colossaler Grösse, wie sie auch bei anderen Myxomyceten zu finden sind, vor.

(Taf. XIX. Fig. 2., 4.). Durch grössere Anhäufungen der körnigen Substanz werden die kleinen Zweigchen eingezogen und machen dicken abgerundeten Aesten Platz, die dem Plasmodium die Form eines verzweigten Schlauches verleihen (Taf. XIX. Fig. 3.). Jetzt hat auch die Beweglichkeit merklich zugenommen, das Fliessen, welches in der Platte und den baumartigen Formen kaum wahrzunehmen war, giebt sich durch Hin- und Herwogen der körnigen, an Vacuolen reichen Substanz kund; nur an den Astspitzen ist die hyaline Grundmasse stark vertreten, sie ist farblos und viel flüssiger, als sie in der Platte war. Wir sehen also an dem Licea-Plasmodium im kleinen Maassstabe dieselbe Abhängigkeit der Configuration, der Beweglichkeit der Aeste vom grösseren oder geringeren Auftreten der körnigen Substanz sich wiederholen.

Als Stütze dieser Auffassung der Zusammensetzung und der Bewegungserscheinungen des Plasmodiums will ich noch ein Beispiel einer von mir gefundenen fadenartigen Protoplasmamasse hinzufügen.

Bei längerer Cultur verschiedener Schimmelarten auf dem Objectträger fand ich das ganze Beobachtungsfeld von verzweigten, auch Netze bildenden Fäden, die stellenweise spindelförmige Verdickungen zeigten, bedeckt (Taf. XIX. Fig. 5., 6.). Die letzteren waren weit auseinander gerückt oder in gleiche Entfernungen gestellt. Verfolgte man den Lauf dieser Fäden lange Strecken weit, so begegnete man grossen, verschieden gestalteten, farblosen Protoplasmamassen, aus welchen das ganze Gebilde wie aus einem Reservoir sein Material hernahm, so zu sagen aus ihm heraussposs (Taf. XIX. Fig. 6., pm).

Um eine Einsicht in dieses Gebilde zu gewinnen, suchen wir die Art, wie die Spindeln aus dem Reservoir sich heranbilden, zu ermitteln. Bei anhaltender Beobachtung der Plasmaanhäufungen ergiebt sich, dass an irgend einer Stelle derselben zuerst eine Ausstülpung, eine Warze zum Vorschein kommt (Taf. XIX. Fig. 6. w.) Die Warze schnürt sich an der Basis ein, nimmt spindelförmige Gestalt an und entfernt sich von der Hauptmasse, einen Faden nachziehend. Auf dieselbe Art sprosst aus dem Protoplasma eine neue Spindel, die sich auch an ihrer Basis in einen Faden verdünnt und dem erstgebildeten nachfolgt. Es geschieht oft, dass ein ganzer varicös angeschwollener Strang aus der Hauptmasse hervorsprosst und sich gegen die vorangehende Spindel richtet. Indem nun fortwährend neue Spindeln und Stränge aus dem Haupt-

reservoir austreten und auf die Fadenbahn befördert werden, kriecht der ganze Faden, die Endspindel voranrichtend, vorwärts.

Wie aus der Hauptmasse die Spindeln hervorgegangen waren, so werden in derselben Weise aus den letzteren oder aus den Strängen seitwärts von der Fadenbahn durch Ausstülpungen neue Sprosse für Zweige gebildet und vorangeschickt (Tafel XIX. Fig. 6. z.). Trotz vieler darauf verwandter Sorgfalt konnte ich leider das so eben beschriebene Gebilde weder zu Fruchtbildung, noch zu einem ruhenden Zustande bringen, daher mir seine systematische Stellung unentschieden blieb. Wohin diese, Zweige und Netze bildende Protoplasmamasse auch gehören mag, ihr plasmodiumartiges Verhalten ist, glaube ich, kaum einem Zweifel unterworfen. Wir brauchen nur der Fadenzweige gewöhnlicher Protoplasmamassen und ihrer durch die fliessende Substanz bewirkten Anschwellungen zu gedenken, um sogleich im vorliegenden Falle vollständig orientirt zu sein.

Die aus dem Reservoir hervorsprossenden Fäden sind mit der Grundmasse des Plasmodiums, die Spindel und Stränge mit der körnigen Substanz zu identificiren. So wie in dem Verbindungsfaden des gewöhnlichen Plasmodiums die in Zwischenpausen abfliessenden Massen in Form von Linsen sich bewegen, so gleiten hier die successiv aus dem Reservoir ausgetheilten Massen in Form von Spindeln der Fadenbahn entlang.

Um diese Deutung mit Thatsachen unterstützen zu können, sind wir genöthigt, in die Bewegungserscheinungen der gesammten Fäden, sowie der Spindeln näher einzugehen.

Wir wissen schon, dass der Faden mit sämmtlichen Gliedern in fortschreitender Bewegung begriffen ist; allein diese Bewegung ist nicht eine gleichförmige in allen Gliedern der Reihe. Die des Fadens ist äusserst langsam, direct nicht wahrnehmbar, viel merklicher ist die der Spindeln. Beobachten wir längere Zeit einen Faden von bestimmter Länge, z. B. einen Theil, der ein Glied in der Netzmasche bildet oder zwei Aeste mit einander vereinigt (Taf. XIX. Fig. 5., ab.), so können wir uns überzeugen, dass seine Lage und Länge Stunden lang dieselbe bleibt. Ganz anders verhalten sich die Spindeln; sie folgen eine nach der anderen den Faden entlang, um weiter in eine andere Bahn einzulenken. Oft stellt sich plötzlich eine rücklaufende Richtung ein. Unterwegs sind die Spindeln nicht gleich weit entfernt; hier und da eilt eine voraus und legt sich an die nächste mit ihrer Längsachse an,

ihr folgt eine zweite, dritte u. s. w. (Taf. XIX. Fig. 5., h.). Auf diese Weise entsteht ein Haufen von Spindeln, die in einen Strang, der seinen Weg fortsetzt, verschmelzen. Der Faden aber, den wir inzwischen nicht aus den Augen liessen, hat noch immer dieselbe Lage uud Ausdehnung, ungeachtet, dass so viele Stränge und Spindeln von weit her ihm entlang vorbeigegangen sind. Wir sind also genöthigt auch hier die weniger bewegliche Grundmasse und eine zweite gleitende zu unterscheiden. Ich habe absichtlich zu der Beobachtung einen Zweig von bestimmter Länge gewählt, um der Einwendung, dass das Hin- und Herschieben der Spindeln vielleicht der Contraction und Ausdehnung des Fadens zuzuschreiben sei, zu entgehen. Auch eine andere Deutung, dass die Spindeln nur Anschwellungen des Fadens wären, die sich hin- und herbewegen, ist unzulässig, weil die Spindeln, wie wir sahen, unterwegs vielfach ihre Gestalt ändern, zusammenfliessen, sich theilen und aus dem Hauptreservoir herstammen.

Wir haben also in dem Fadenplasmodium eine Protoplasmamasse kennen gelernt, die in allen wesentlichen Merkmalen mit den Plasmodien der Myxomyceten übereinstimmt, mit dem einzigen Unterschiede, dass das Fliessen äusserst langsam vor sich geht und durch ein Gleiten ersetzt wird. Dieser Unterschied ist nur ein gradueller und desto weniger von Bedeutung, als wir schon bei gewöhnlichen Plasmodien in den Verbindungsfäden dieselben Erscheinungen constatirt haben.

Durch die schon erörterten Structur- und Bewegungsverhältnisse des Plasmodiums dürfte die Annahme seiner beiden Bestandtheile genügend befestigt sein. Merkwürdigerweise waren noch vor meinen Untersuchungen von Brücke*) an dem Zelleninhalte der Pflanzenhaare dieselben Erscheinungen erkannt. Es sollen nach Brücke's Angaben in den Plasmaströmchen des Nesselhaares zweierlei differente Bewegungen zu unterscheiden sein: eine sich ziehende Contractionsbewegung der Grundmasse und eine andere durch das Strömen der Körnchen warnehmbare — also ganz in derselben Weise wie im Plasmodium. Diese Angaben wurden indessen von einem namhaften Beobachter, von de Bary**), nicht bestätigt gefunden, im Gegentheil, die herrschende Ansicht von einer fliessenden Bewegung der ganzen Plasmamasse, wenigstens

*) Sitzungsber. d. Wiener Akad., math.-naturw. Classe, Bd. 44. 1861.

**) Flora, 1862. Nr. 16.



in den Staubfädenhaaren der Tradescantia, vertheidigt. Der Widerspruch zwischen de Bary's und Brücke's Beobachtungen würde sich vielleicht durch die Vermuthung, dass in verschiedenen, nur scheinbar analogen Fällen eine differente Norm der Plasmabewegung stattfindet, ausgleichen lassen. Jedenfalls sind Brücke's und meine an verschiedenen Objecten gewonnene, übereinstimmende Resultate geeignet, die Aussicht auf eine weitere Verbreitung ähnlicher Bewegungsverhältnisse des Zelleninhaltes zu eröffnen.

In allen von mir untersuchten Protoplasmamassen der Myxomyceten, mit Ausnahme des Fadenplasmodiums, habe ich contractile Vacuolen gefunden. Zu dem in meinem früheren Aufsatze*) darüber Gesagten habe ich nichts Wesentliches hinzuzusetzen und verweise auf die hier beigefügten Abbildungen, die die Anwesenheit contractiler Räume in den Zellenzuständen, Myxoamoeben, jungen wie ausgebildeten Plasmodien, anschaulich machen (Tafel XVIII. Fig. 1—4., 6., 10., 11. Taf. XIX. Fig. 3.).

Ich will jetzt zu dem andern Streitpunkte, zu der Frage, ob das Plasmodium als ein nacktes Gebilde zu betrachten sei, übergehen. Berücksichtigen wir zuerst die Gründe, die für die Anwesenheit der Membran von de Bary angeführt sind. Ich finde deren zwei. Erstens dass durch Einwirkung von Alkohol auf das Plasmodium die Hülle, selbst an den dünnsten Zweigen, sehr deutlich als eine continuirliche Haut vom Inhalte sich abhebt; und zweitens, dass an einigen, das faule Holz bewohnenden Plasmodien die Hülle als doppelt conturirte, scharf vom Inhalte abgegrenzte Membran erscheint**).

Der erste Grund beweist nur, dass die Oberfläche des Plasmodiums in Berührung mit dem Reagens coagulirt; nicht aber, dass in unverletztem Zustande, vor der Behandlung mit Alkohol, eine Hülle vorhanden war.

Was den zweiten Grund betrifft, so führt de Bary selbst an, dass Plasmodien von Lycogala, Arcyria, die diese doppelte Contur aufweisen, in Wasser gebracht sich so verhalten, wie gewöhnliche Protoplasmamassen. Ich kenne leider durch eigene Anschauung die Protoplasmamassen erwähnter Species nicht, dennoch glaube ich, vermöge ihrer Fähigkeit, im Wasser plasmodienartig sich zu ergiessen, mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen zu dürfen,

*) l. c. pag. 329.
**) l. c. pag. 41, 46.

dass der doppelt conturirte Rand nicht als optischer Ausdruck einer Hülle zu deuten ist, vielmehr nur die Umrisse nach Aussen mächtig vertretener Grundmasse bezeichnet. Auch durch Druck, da das Plasmodium ausserordentlich gegen äussere Schädlichkeiten empfindlich ist, kann man die vermuthliche Membran zum Platzen und Ausfliessen des Inhalts nicht bringen. Der Beweis reducirt sich also lediglich allein auf das optische Verhalten des Randes. Jedoch, bei einem Gebilde, dessen Zweige an jeder Stelle verschmelzen können und bei Auseinanderreissen sich so, wie flüssiges Harz, in Fäden ziehen, dürfte die doppelte Contur schwer als ein entscheidender Beweis einer umhüllenden Membran zu betrachten sein.

Auf einen anderen Grund stützt sich Professor Reichert in seinem Aufsatze: „Ueber die neueren Reformen in der Zellenlehre“*), um die Hülle an dem Plasmodium zu beweisen. Ich werde die betreffende Stelle mit eigenen Worten des Verfassers anführen:

„Einem unbefangenen und genauen mikroskopischen Beobachter kann es überhaupt nicht entgehen, dass bei den Myxomyceten nach Aussen von der in Bewegung befindlichen körnerhaltigen Substanz eine an dieser Bewegung sich nicht betheiligende Grenzschicht vorhanden ist. Sie giebt sich allerdings in den meisten Fällen nur durch eine einfache, scharf gezeichnete dunkle Contur zu erkennen, diese Contur ist aber constant und unveränderlich neben der vorbeiströmenden Masse. Eine solche Contur ist unvereinbar mit der Vorstellung, dass dieselbe der strömenden Masse selbst angehöre. Diese Grenzschicht kann auch nicht von derselben Beschaffenheit, wie der strömende Inhalt sein, da sonst unter den vorhandenen Umständen eine Alteration derselben durch den fortdauernd vorbeifliessenden Strom hervortreten müsste.“

Die hier mitgetheilten Thatsachen sind vollständig richtig; sie beweisen aber nicht das, was sie beweisen sollen. Diese Thatsachen bewähren sich in weit instructiverer Weise in dem peripherischen Theile des Plasmodiums. Wir haben hier statt einer Grenzschicht mit vorbeifliessendem Strome eine ganze ruhende Platte von Grundsubstanz, in welcher zahlreiche Ströme eingebettet sind. Unter den Augen des Beobachters können sich nun, wie ich früher angab, die Ströme vermischen und einen bilden, oder ganz neue selbständige entstehen. Die Grundmasse ist hier eben

*) Reichert's und du Bois' Archiv, 1863.



so wenig bei dem Fliėssen, wie an der Grenzschicht eines Stranges betheiligt. Diese Bewegungserscheinungen beweisen nur, dass das Plasmodium aus zwei verschiedenen Substanzen besteht und sind keineswegs geeignet, die Anwesenheit einer Hülle zu constatiren.

Im Widerspruch mit de Bary's und Reichert's Annahme steht die Ansicht von Max Schultze*), dass das Protoplasma bei Aeth. septicum als ein nacktes, aus zusammengeschmolzenen hüllenlosen Zellen hervorgegangenes Gebilde zu betrachten sei. Die Gründe, die Max Schultze zu dieser durch die Entwickelungsgeschichte sich bewährenden Deutung führte, sind von ihm nicht eingehender motivirt worden, was auch in einer Abhandlung, wo die Myxomyceten nicht den Hauptgegenstand ausmachten, schwerlich zu verlangen wäre. Die von de Bary vermuthete Identität der frei lebenden Amoeben mit jungen Protoplasmasträngen, auf welche sich Max Schultze bezieht, wird kaum eine genügende Stütze der erwähnten Deutung zu geben vermögen. Die Amoeben sind sehr heterogene, wahrscheinlich zu verschiedenen Entwickelungskreisen gehörende Körper; ihr morphologischer Werth wird sehr mannigfach ausfallen, je nachdem sie als Entwickelungsglieder der Spongien, Rhizopoden, Gregarinen, Monaden oder Myxomyceten sich herausstellen werden. Daher sind die von Amoeben auf Plasmodien übergetragenen Analogien, so lange der morphologische Werth der Ersten unbekannt bleibt, nicht genügend beweisend.

Es ist keine leichte Aufgabe, in zweifelhaften Fällen die Gegenwart einer Membran zu constatiren, schon deswegen, weil die Zellmembran alle möglichen Verdichtungsgrade der Substanz zwischen hart und halbflüssig besitzen kann. Ob eine flüssige Zellhülle wirklich existirt, und wie in diesem Falle der Begriff der Membran und der Zelle zu construiren sei, ist zur Zeit eine ungelöste Aufgabe, die ich hier unberührt lassen kann. In Betreff der Myxomyceten handelt es sich nur zu beweisen, dass das Plasmodium einer Membran in gewöhnlichem Sinne entbehrt, die die Diffusion flüssiger und gasartiger Körper gestattet, die aber soliden Körpern freien Durchgang nicht erlaubt.

Mein Hauptbeweis besteht einfach darin, dass das Plasmodium auf allen Entwickelungsstufen, sobald es als solches zu erkennen

---

*) Ueber Muskelkörperchen, Reichert's und du Bois' Archiv, 1861.

ist, über fremde Körper sich ergiesst, sie umhüllt und in den Strom hineinzieht. Bei anhaltender Beobachtung eines Plasmodiumzweiges oder noch besser bei Myxoamoeben, die aus den Zellen entstehen, kann man auf das Deutlichste die Art der Aufnahme verfolgen (Taf. XVIII. Fig. 6.). Man überzeugt sich, dass der fremde Körper nicht etwa durch sich erweiternde in der Grenzschicht des Plasmodiums praeexistirende Oeffnungen in den Strom gelangt, vielmehr, dass der Ast den Körper umhüllt und ihn allmälig in den Strom hineinzieht, indem sich seine freien, ueber den Körper hervorragenden Ränder begegnen und verschmelzen. Auf diese Weise werden Haufen von Stärkekörnern, Sporen, Cysten u. d. g. von dem Plasmodium verschlungen und in dem Strome weit herumgeführt (Taf. XVIII. Fig. 11. z). Bei Physarum album, Didymium leucopus, welche sehr flüssige und bewegliche Plasmodien besitzen, ist diese Beobachtung äusserst leicht und deutlich. Aber auch bei dickflüssigen, wie das von D. Serpula, ist der Beweis, dass fremde Körper auf dieselbe Weise in den Strom gelangen, nicht schwer zu führen. Mit diesem Sachverhalt ist die Anwesenheit einer das Plasmodium umhüllenden Membran, der Verschmelzungserscheinungen nicht zu gedenken, unvereinbar.

Das Plasmodium giebt somit ein unzweifelhaftes Beispiel eines flüssigen Entwickelungsstadiums eines Organismus. Wir werden gleich sehen, inwiefern diese Annahme durch die Entstehungsweise der Protoplasmamasse der Myxomyceten und durch analoge Erscheinungen bei andern Organismen unterstützt wird.

II.

Durch de Bary's Untersuchungen*) haben wir kennen gelernt, dass die Myxomyceten nicht wie andere Pilze eine Fadenkeimung besitzen, sondern aus der Spore einen frei im Wasser beweglichen Schwärmer bilden. Seine Form ist einer Euglena ähnlich; an seinem vorderen Ende ist eine Cilie, an dem entgegengesetzten eine contractile Vacuole vorhanden. Wie aus diesen Schwärmern die bewegliche Protoplasmamasse entsteht, ist noch nicht endgültig aufgeklärt worden, trotz zahlreicher von de Bary auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen. De Bary säete bei seinen Culturversuchen Sporen verschiedener Myxomyceten in reines

*) l. c. pag. 68 ff.

Wasser oder auf nasse, faulende Pflanzentheile. Aus sämmtlichen Versuchen ergab sich, dass der Schwärmer, nachdem er sich eine Zeit lang schwimmend im Wasser bewegt hatte, die Cilie verlor, sich dehnte, Fortsätze trieb und in einen amoebenartigen Körper verwandelt war. Bei fortgesetzter Cultur erschienen die Amoeben immer zahlreicher, dagegen traten die Schwärmer nach und nach zurück. Die ersten wurden merklich grösser, zwischen ihnen und cilienlosen Schwärmern liessen sich mit grösster Leichtigkeit alle möglichen Mittelstufen auffinden. Dazu gesellte sich noch der Umstand, dass man unter gewöhnlichen Schwärmern auch viel grössere findet, die sich auch in amoebenartige Körper verwandeln und aus diesem Zustande in die des Schwärmers zurückgehen können; da sich diese Amoeben von solchen, die zu Anfang der Keimversuche auftreten, durch garnichts unterscheiden, so wird dadurch der Beweis geliefert, dass die letzten von den Schwärmern abzuleiten sein müssen. Es blieb ferner zu ermitteln, wie sich diese Amoeben bei Plasmodienbildung verhalten. Die Keimversuche im Wasser auf dem Objectträger liessen sich jedoch nicht längere Zeit fortführen, da die Schwärmer und die amoebenartigen Körper nach einigen Tagen abstarben. Viel ergiebigere Resultate erzielte de Bary durch Aussäen der Sporen von Aethalium septicum auf feuchte Gerberlohe, von Lycogala epidendron auf faules Tannenholz.

Was zunächst das Aethalium betrifft, war das Resultat folgendes: Auf die Schwärmsporenbildung und die nächsten Entwickelungszustände traten allmälig immer grössere Amoeben, welche, je mehr sie wuchsen, um so ausgesprochenere längliche, kurzen Protoplasmasträngen ähnliche Gestalt annahmen. Ein Theil dieser Körper hatte glatte Umrisse angenommen, die Fortsätze eingezogen, sich oft zu Kugel- oder Eiform contrahirt und war in Cystenbildung übergegangen. Bei der Cultur der Lycogala schien der Beweis, dass die Protoplasmastränge durch die Vermittelung der Amoeben aus den Schwärmern entstehen, noch augenscheinlicher. Die auf die Schwärmer folgenden Amoeben liessen keine Färbung erkennen; je grösser sie wurden, desto deutlicher zeigte ihre Substanz das den fruchtbildenden Protoplasmasträngen eigene röthliche Colorit. Endlich fanden sich grössere ($\frac{1}{88}$ — $\frac{1}{120}$‴) Körper mit scharf gezogenem Umriss, welche, in Wasser gebracht, alsbald zahlreiche Amoebenarme von grosser Biegsamkeit und Beweglichkeit aussendeten und wieder einzogen. Von den letzteren war eine voll-

ständige Entwickelungsreihe bis zu noch grösseren Protoplasmasträngen, die in jeder Hinsicht denen von Lycogala glichen, vorhanden.

Nach diesen Thatsachen nimmt de Bary die directe Entwickelung der fruchtbildenden Stränge aus den durch Heranwachsen entstandenen Amoeben als festgestellt an. Ob die Plasmodien durch Heranwachsen je einer Amoebe oder durch Zusammenschmelzen mehrerer gesonderter Individuen zu Stande kommt, blieb unentschieden.

Die Schwärmsporenkeimung bei den Myxomyceten wurde von Beil*), H. Hofmann**) und neulich von Currey***) bestätigt. Die von Hofmann, da sie auch auf das fernere Schicksal der Schwärmer Bezug nehmen, will ich näher anführen. In seinem Aufsatze über Pilzkeimungen bestätigte dieser Forscher de Bary's Angaben, theils widersprach er ihnen. Die Keimung mit Schwärmerbildung wurde von ihm bei vielen Species bestätigt, dagegen nicht als eine allgemeine Erscheinung angenommen, da bei L. sulphurea sich eine Fadenkeimung wie bei anderen Pilzen herausstellte. Denselben Fall giebt Berkeley†) an bei der Trichia gefunden zu haben. Die Schwärmer hat Hofmann zu Amoeben sich umwandeln sehen, allein bei Culturen gingen dieselben oft, von Bacterienbildung begleitet, zu Grunde. De Bary's grosse Amoeben hält Hofmann entschieden für fremdartige Körper und spricht die Vermuthung aus, dass sie von absterbenden Infusorien (Bursaria, Cercomonas) wahrscheinlich abzuleiten sein. Die Schwärmer traf Hofmann häufig fest an einander durch ihre klebrige Oberfläche haften; allein niemals sah er sie in Continuität treten, zusammenwachsen; sie gleichen sich in der Grösse, es waren nicht grössere mit kleineren gemengt. Die Theilung der Schwärmer, sowie Cystenbildung konnte er bei unzweifelhaften Schwärmern nicht constatiren und führt sie auf fremde sich eindrängende Infusorien zurück. Bei langsamem Austrocknen nahmen die Schwärmer bei Physarum macrocarpum Kugelgestalt an, bei sofortiger neuer Benetzung kehrten sie nicht in die Schwärmerform zurück, sondern nahmen den Charakter von Amoeben an, wobei die Wimper

*) Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch. in Wien, 1859.

**) Bot. Zeitung, 1859, pag. 212.

***) The natural, histor. review, No. VIII., Octbr 1862.

†) Introd. to crypt. Botany, p. 17.

mitunter wieder auf einige Zeit sichtbar wurde; zögerte man dagegen mit der Wiederbenetzung nur einige Minuten, so starb der Schwärmer ab.

Aus dem Mitgetheilten ersehen wir, dass es auch Hofmann nicht gelungen ist, die fernere Betheiligung der Schwärmer bei der Plasmodiumbildung ins Klare zu bringen. Auf seine anderen Angaben werde ich unten Gelegenheit haben zurückzukommen. Wir müssen uns vorläufig also an de Bary's Culturversuchen betreffs Aethalium und Lycogala halten.

Wo Amoeben als Entwickelungsstufen anderer Organismen erscheinen, ist es wegen der Allgegenwart der freilebenden Amoeben nicht zu verargen, wenn man sie mit grösstem Misstrauen als legitime Entwickelungsglieder aufnimmt. Wenn ich auch dem Entdecker der Plasmodien nicht zumuthen konnte, dass er die grossen Aethalium- und Lycogala-Amoeben, die in Allem wie Protoplasmastränge sich verhielten, von fremden Amoeben nicht zu unterscheiden vermochte, so war doch gerade der Umstand, dass die Aethalium-Amoebe sich encystirt und folglich wie ein Infusorium verhält, so befremdend, dass ich dennoch in der ganzen Entwickelungsweise etwas Verdächtiges zu vermuthen glaubte.

Der Verdacht wurde noch dadurch unterstützt, dass von de Bary selbst ruhende Zustände der Myxomyceten in einer anderen Form, nämlich als Zellenzustände entdeckt worden sind. Allein das, was hier den Zweifel erweckte, lag nicht in der Untersuchung, sondern in der Erscheinung selbst. Nachdem ich die Cystenbildung auf das Genaueste bei den Myxomyceten geprüft und die Keimung verfolgt habe, kann ich nicht zweifeln, dass die von de Bary bei Aethalium und Lycogala gefundenen Amoeben wirklich zu den genannten Myxomyceten gehörten. Dennoch ist der Beweis, dass diese Amoeben von den Schwärmern herzuleiten seien, aus de Bary's Culturversuchen nicht zu entnehmen. Es war sehr wahrscheinlich, dass die nach der Aussaat der Sporen in Gerberlohe auftretenden plasmodienartigen Amoeben von den Schwärmern herstammten; allein das war nicht der einzige mögliche Weg ihrer Bildung. De Bary scheint bei seiner Beweisführung einen Umstand ausser Acht gelassen zu haben, den nämlich, dass Plasmodien aus Zellenzuständen und auch aus Cysten entstehen können und beide Bildungen sind ja reichlich in Gerberlohe, faulem Holze u. d. g. vorhanden. Benetzt man die ruhenden Zustände mit Wasser, so bekommt man Plasmodien von verschiedenster Grösse, gleichviel ob

man Sporen gesäet oder sie ganz aus der Untersuchung fernhielt. Aus einer Myxomycetenzelle wird nur eine Amoebe, die sich in viele kleine theilen kann und oft es wirklich thut; aus Zusammenschmelzen einzelner Amoeben bekommen wir immer grössere, die sich schon wie Plasmodien verhalten (Taf. XVIII. Fig. 1—5.); mit einem Worte, es ist sehr leicht, wenn man nur diese Quelle im Auge behält, in der feuchten Gerberlohe eine ganze Reihe amoebenartiger Körper zu finden, die zu der untersuchten Myxomycete gehören und trotzdem von den Sporen nicht abstammen.

Wir ersehen also, dass die Frage, wie das Plasmodium aus den Sporen sich heranbildet, eine zwar der Beantwortung sehr nahe gebrachte, dennoch nicht gelöste ist.

Es giebt nur einen Weg, die störenden Einflüsse, die fremden Amoeben und die ruhenden Zustände der Myxomyceten von den Keimversuchen fernzuhalten — die Cultur auf dem Objectträger vorgehen zu lassen. Da ich bei der Untersuchung einiger ausgebildeter Plasmodien fand, dass sie sich im Wasser unter dem Deckglase längere Zeit lebend erhalten können, so war dadurch die Erwartung, dass es vielleicht selbst unter dem Deckglase Plasmodien aus dem Schwärmer zu cultiviren gelingen möchte, sehr wahrscheinlich gemacht. Dieser Umstand ist natürlich bei der Frage, wie sich die Schwärmer zu Plasmodien ausbilden, höchst erwünscht, da man das Material mit stäkerer Vergrösserung untersuchen kann.

Es gelang mir unter solchen Verhältnissen bei Physarum album, Didymium leucopus aus Sporen Plasmodien zu erziehen und bei erstgenannter Art, aus einer Aussaat auf mikroskopische Pflanzentheile auf dem Objectträger die Plasmodien bis in die Fruchtbildung zu verfolgen.

Die Anfänge der Keimung der Myxomyceten sind so vielfach von de Bary und Anderen untersucht, dass ich mich hier ganz kurz fassen kann. Säet man Sporen von D. leucopus, Ph. album, Licea pannorum in Wasser unter Deckglas, so findet man nach Verlauf von 24—36 Stunden das Beobachtungsfeld von einer Unzahl schwimmender, auch amoebenartig sich bewegender Schwärmer bedeckt. Der aus der geplatzten Spore allmälig heraustretende Inhalt bildet ein Kügelchen, in welchem man einen Nucleus, eine contractile Vacuole und in manchen Fällen (Licea pannorum, Physarum album) noch ein Schleimklümpchen vorfindet (Taf. XX. Fig. 1—5., 19—21., 42—44.). Der Nucleus ist ein zart conturirtes Bläschen,

welches einen schärfer hervortretenden Nucleolus einschliesst. Der befreite Sporeninhalt beginnt nun sogleich oder nach längerem Ruhen sich zu dehnen und zu contrahiren, nimmt längliche Gestalt an, entwickelt an einem Ende eine Cilie und schwimmt davon. Unter der Cilie ist der Nucleus, am entgegengesetzten Ende die Vacuole oder deren zwei angebracht, in der Mitte des Körpers findet sich das Schleimpartikelchen, welches bei längerem Herumschwimmen des Schwärmers gänzlich verschwindet (Tafel XX. Fig. 6—8., 22—27., 45—47.). Die Schwärmer breiten sich nun in der bekannten Weise auf dem Objectträger aus, senden zahlreiche Fortsätse und gleiten wie Amoeben nach allen Richtungen umher; die Cilie wird nachgeschleppt oder eingezogen. Aus diesem Zustande können sie wieder in den des Schwärmers zurückkehren oder nehmen Kugelgestalt an und bleiben einige Zeit bewegungslos liegen. Am 2—3. Versuchstage treten etwas grössere amoebenartige Körper auf, die noch in den Schwärmerzustand übergehen und dessen andere Attribute, den Nucleus und die Vacuole, besitzen.

Bis jetzt waren in dem Versuchstropfen gesonderte Schwärmer zerstreut, jetzt fangen sie sich an zu nahen und in Gruppen, ja selbst in grosse Haufen sich zu vereinigen (Taf. XX. Fig. 13., 15.). Sie gleiten hier einer auf dem anderen oder bleiben längere Zeit bewegungslos in Berührung, treten dann wieder aus dem Haufen, um das frühere Herumkriechen fortzusetzen. Nach langem, erfolglosen Suchen gelingt es, zwei sich anlegende cilienlose Schwärmer in einen Körper verschmelzen zu sehen (Taf. XX. Fig. 30., 31.). Hat man die rechte Zeit abgepasst, so ist nicht schwer bei Durchmusterung des Keimungsmaterials vielfach auf Gruppen von 2—3 cilienlosen Schwärmern zu stossen, die unter den Augen in einen Körper verschmelzen. Vor dem Zusammenfliessen konnte man an ihnen deutlich den Nucleus, die contractile Vacuole wahrnehmen, sobald aber die Vereinigung in einem Körper erfolgte, war an dem letzten der Nucleus nicht mehr zur Anschauung zu bringen (Taf. XX. Fig. 30—33.). Auf diese Weise entstehen nun grössere amoebenartige Körper, die sich durch den Mangel eines Nucleus und durch grössere Dimensionen von dem cilienlosen Schwärmer unterscheiden. Ausserdem sind in den ersten mehr Vacuolen als in dem Schwärmer vorhanden, ob sie aber genau der Zahl in die Vereinigung eingegangener Schwärmer entspricht, muss ich dahingestellt lassen. Diese grösseren Amoeben (Myxoamoeben) bewegen sich

wie die cilienlosen Schwärmer; sie gleiten auf dem Objecträger, senden spitze, auch runde Fortsätze aus, bilden durch dünne Verbindungsfäden vereinigte Lappen. Unterwegs, wo sie den cilienlosen Schwärmern oder amoebenartigen Körpern begegnen, kleben sie an diese an und verschmelzen mit ihnen (Taf. XX. Fig. 13., 14.). Mitunter kugeln sie sich ein und werden gewöhnlich von einer Unzahl Schwärmer mit und ohne Cilie bedeckt. In ihrem Inhalte treten jetzt fremde Körper, Myxomycetensporen, eingekugelte Schwärmer u. d. g. vor. Die verschluckten Gegenstände werden in der Leibessubstanz in Vacuolen eingebettet und gewähren dadurch denselben Anblick, wie die sogenannten Magen der Infusorien (Taf. XX. Fig. 16., 17., 18., 35.). Ausserdem bemerkt man, dass in dem Inhalte stellenweise schon das bekannte Fliessen des Plasmodiums sich einstellt und durch das Hin- und Herführen der Ingesta noch augenscheinlicher wird.

Durch das Zusammenfliessen dieser grösseren Amoeben, die sich schon wie Plasmodien verhalten, entstehen schliesslich aus der ganzen Aussaat gewöhnlich am 4—6. Tage ein oder mehrere Plasmodien (Taf. XX. Fig. 18.), die sich 1—2 Tage halten, dann aber, von Vacuolen und Blasenbildung begleitet, absterben. Hier und da kriechen noch im Tropfen kleine Amoeben, selbst verspätete Schwärmer schwimmen noch herum.

Das Resultat der Keimung war ganz dasselbe für Physarum album und Didymium leucopus. Die Licea pannorum gelang es mir nicht bis zu Plasmodien heranzuziehen. Die als Entwickelungsglieder auftretenden Myxoamoeben sind bei allen drei Species so ähnlich, dass man sie unmöglich von einander unterscheiden konnte. Sie sind unzweifelhaft aus den Schwärmern entstanden, weil es die directe Beobachtung bewies und andere Quellen für ihre Bildung in den leicht zu überblickenden Versuchstropfen nicht vorhanden waren.

Auf nasse, mikroskopisch kleine Pflanzentheile gesäete Sporen von Ph. album gaben auch nach 4 Tagen ausgebildete Plasmodien, die nach Verlauf von 24 Stunden auf dem Objectträger fructificirten. Es bedarf folglich die erwähnte Myxomycete bei günstigen Verhältnissen etwa 5 Tage, um ihren Lebenslauf zu vollenden.

Die ausserordentlich grossen Sporen, die so häufig mit normal gebildeten vorkommen, habe ich nie zur Keimung bringen können*) (Taf. XVII. Fig. 2.).

---

*) Diesen Sporen schreibt Wigand (zur Morphologie und Systematik der

Was die Fadenkeimung der Myxomyceten betrifft, so habe ich diese bei Licea sulphurea bestätigt, lasse sie aber hier unberücksichtigt, da die systematische Stellung genannter Pflanze bei den Myxomyceten, wie de Bary hervorgehoben hat*), höchst verdächtig erscheint. Andere Fälle, wie die von Berkeley bei Trichia angeführten, darf ich wohl auch unberührt lassen, weil es zu den leichtesten Beobachtungen gehört, sich von der Schwärmerkeimung bei erwähnter Myxomycete zu überzeugen.

Aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass das Plasmodium aus Zusammenschmelzen vieler Sporeninhalte (cilienlosen Schwärmer) entsteht. Die Schwärmer sind hüllenlos, die von ihnen herstammenden, amoebenartigen Körper nehmen fremde Ingesta in sich auf, ermangeln folglich auch einer Membran. Es ist demnach das Plasmodium auf allen Entwickelungsstufen von dem Schwärmer aus bis zur Fruchtbildung ein nacktes hüllenloses Gebilde. Es entsteht zwar aus Vereinigung individualisirter Zelleninhalte, die aber ihre Individualität in den amoebenartigen Körpern und ausgebildeten Plasmodien einbüssen und sie erst in der Frucht wieder zur Geltung bringen. Wir müssen also zu der Definition des Plasmodiums ausser den von seiner Structur und Bewegung abgeleiteten Merkmalen noch seine Entwickelungsart aus Zusammenfliessen vieler Zelleninhalte hinzufügen.

Diese Thatsachen sind unter das alte Zellenschema nicht unterzubringen. Sie zwingen den Beobachter, sich durch M. Schultze und Brücke in Betreff der Zellenlehre angeregter Bestrebungen anzuschliessen. Durch den colossalen Maassstab der Erscheinungen ist das Plasmodium besonders geeignet, das Zellenschema der we-

---

Gattungen Trichia und Arcyria, in Pringsheim's Jahrbüchern, III. Bd., 1. Hft.) andere morphologische Bedeutung als den gewöhnlich Schwärmer bildenden zu, indem er vermuthet, dass sie sich aus dem Capilitium entwickeln und unmittelbar durch Auswachsen in die Myxomycetenfrucht verwandeln. Ich kann dieser Ansicht nicht beipflichten, denn die besagten Bildungen finden sich auch bei Licea pannorum, wo gewöhnlich kein Capilitium vorhanden und eine rudimentaere Entwickelung desselben zu den Seltenheiten gehört. Auch die directe Beobachtung ihrer Entstehung bei D. Serpula beweist, dass sie sich wie gewöhnliche Sporen unmittelbar aus dem Plasmodium bilden. Ob sie sich aber durch Abschnürung des letzten oder durch freie Zellenbildung, wie de Bary für normale Sporen annimmt, entwickeln, muss ich noch dahingestellt lassen. Die Einschnürungen, die die abnorm grosse Sporen so häufig aufweisen, sprechen jedenfalls für die erste Art ihrer Entstehung.

*) Flora, 1862. No. 17. pag. 269.

sentlichen Attribute, der Hülle und des Nucleus zu berauben und durch seine leicht zu verfolgende Entwickelunggeschichte zu der Annahme eines freien, ausserhalb der Zelle fungirenden Inhaltes zu führen, gleichviel ob derselbe, wie bei den Algen, einen oder bei den Myxomyceten mehrere Zelleninhalte repräsentirt.

III.

Es ist wohl keine einzige Organismengruppe bekannt, die so reich mit ruhenden Zuständen versorgt wäre, wie die Myxomyceten. Auf allen Altersstufen von der Spore an bis zur Fruchtbildung besitzt das Plasmodium die Fähigkeit vor schädlichen Einflüssen sich zu schützen, sich zu encystiren.

Ich werde hier dreierlei Bildungen unterscheiden: 1) Microcysten, 2) derbwandige Cysten und 3) Zellenzustände.

Die ersten gehören den Schwärmern an. Sobald Wassermangel oder andere ungünstige Verhältnisse langsam eintreten, nehmen sämmtliche Schwärmer Kugelgestalt an und entwickeln an ihrer Oberfläche eine äusserst zarte Hülle. Bei fortschreitender Austrocknung tritt ihr Inhalt gewöhnlich an einer Stelle halbkreisförmig zurück, wo dann die Membran mit grosser Deutlichkeit wahrgenommen wird. Sie ist farblos, glatt, etwas kleiner als die Spoe. I und SO_3, bringt in ihr keine Cellulose-Reaction hervor. Im Inrhalte sind mit Ausnahme der Cilie alle Attribute des Schwärmers, der Nucleus, die contractile Vacuole und das Schleimpartikelchen, wo solches in der Spore zugegen war, vorhanden (Taf. XX. Fig. 53—55.).

Die eingekugelten, in eine Membran gehüllten Schwärmer verhalten sich wirklich wie Infusoriencysten, sie besitzen die Eigenschaft der Austrocknung zu trotzen und wieder mit Wasser benetzt den unveränderten Schwärmer austreten zu lassen. Dieser Vorgang verläuft hier viel rascher als es während der Keimung der Fall war. Die mehrere Tage auf dem Objectträger unter Deckglas getrockneten Microcysten von Licea pannorum, gaben bei Benetzen mit Wasser schon nach zwei Stunden, die des Physarum album selbst nach Verlauf von einer halben Stunde eine Unzahl von Schwärmern. Die erste Veränderung, die man in der aufgeweichten Cyste wahrnimmt, besteht in der von neuem beginnenden Pulsation der Vacuole — darauf erfolgt das Heraustreten des Inhaltes. Dieses geht in derselben Weise vor sich, wie bei den Zoosporen der Achlya, Aphanomyces u. d. g. während ihrer Häutung. Der Inhalt nämlich quillt durch die Wand der Cyste hin-

durch und erscheint ausserhalb derselben in Form eines hellen Bläschens, welches allmälig anschwillt und den in der Cyste gebliebenen Inhalt nach sich zieht (Taf. XX. Fig. 56., 58.). Noch bevor dies beendet ist, kann man schon oft an dem befreiten Theile des Inhalts eine schwingende Wimper wahrnehmen. Ausserhalb der Cyste beginnt der ausgetretene Körper Fortsätze zu treiben, sie einzuziehen, nimmt längliche Gestalt an und ist vom gewöhnlichen, aus der Spore herstammenden Schwärmer nicht im Geringsten zu unterscheiden (Taf. XX. Fig. 59.).

Ich habe bis jetzt die Microcysten bei D. leucopus, Ph. album, Licea pannorum und Trichia circumscissa (?) gefunden. Das Encystiren des Schwärmers könnte als eine Häutung gedeutet werden. Allerdings ist zwischen beiden Vorgängen eine Analogie nicht zu verkennen, allein bei Achlya, so viel ich aus meinen Untersuchungen schliessen darf, gehen die Schwärmer, die sich an dem Sporangiumscheitel in eine Kugel vereinigen, durch Austrocknung zu Grunde.

Die Gegenwart der Hülle bei eingekugelten Schwärmern ist zuerst von Hofmann beobachtet worden*); er gab aber dieser Thatsache eine andere Bedeutung, er benutzte sie, um den Schwärmern selbst eine umhüllende Haut zu vindiciren. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass der Schwärmer den hüllenlosen Sporeninhalt repräsentirt, und so lange er sich bewegt, einen nackten Körper vorstellt; erst dann, wenn er in den ruhenden Zustand übergeht, erscheint an seiner Oberfläche die zarte Membran. Die Anwesenheit von Myxomycetencysten war von Hofmann, wie ich schon erwähnte, ganz geleugnet, da die Schwärmer bei Keimversuchen mit Ph. microcarpum durch längeres (über 8 Minuten) Austrocknen zu Grunde gingen. Dies ist wirklich auch immer der Fall, wenn Wassermangel plötzlich auftritt, allein bei allmäligem Austrocknen nehmen die Microcysten, wie wir sahen, den Schwärmer in Schutz.

Die zweite Form der ruhenden Zustände der Myxomyceten, die derbwandigen Cysten, hat de Bary zuerst bei den grossen Aethaliumamoeben gefunden. Ich habe bei der Cultur der Licea pannorum vielfach Gelegenheit gehabt, ihre Entwickelung auf dem Objectträger aus den Plasmodien verfolgen zu können.

Nicht das ganze Plasmodium wird in eine Cyste umgebildet. Es zerfällt auf diesen Prozess sich vorbereitend, durch das Zer-

*) Bot. Zeit. 1859, No. 24. pag. 212.

reissen der Fadenzweige in viele Theile von verschiedenster Grösse. Der Vorgang bei der Bildung der Myxomycetencyste ist ganz derselbe, wie bei den Infusorien. Wie z. B. eine Stylonychia ihre Hacken, Stiele, Wimpern einzieht und zuerst in eine glatte Kugel sich verwandelt, so wird in derselben Weise durch Einziehen der Zweige und Fortsätze aus dem Plasmodium eine kugelförmige Protoplasmamasse gebildet; in dieser treten noch Anfangs warzige, zahlreiche Fortsätze, die schliesslich auch verschwinden, auf (Taf. XXI. Fig. 8., 10.). Die Oberfläche der Kugel erhärtet nun in eine vielfach gefaltete Membran, die sich allmälig von dem Inhalte abhebt, immer mehr gekräuseltes, faseriges Aussehen und dunkelbraune Färbung bekommt (Taf. XXI. Fig. 9.). Bei fernerer Ausbildung der Cyste concentrirt sich der Inhalt, wird grobkörnig, nimmt Kugelgestalt an und an seiner Oberfläche kommt noch eine doppelt conturirte Membran zum Vorschein. Die äussere Hülle bildet oft viele Ausbuchtungen und Anhängsel, sie erscheint nicht selten von fremden Körnchen dermaassen inkrustirt, dass man die eingeschlossene Kugel gar nicht zur Ansicht bekommt (Taf. XXI. Fig. 1—4.). Die Grösse der Cysten ist ausserordentlichen Schwankungen unterworfen, neben solchen, die die Dimensionen der ganzen Liceafrucht erreichen, sind oft ganz kleine, kaum die Grösse der Spore übertreffende vorhanden. Die Cysten sind entweder einzeln auf dem Substrat zerstreut oder in Haufen vereinigt und an einander fest angeklebt. In jeder ist gewöhnlich nur eine Kugel, aber auch häufig deren 2 oder 3 eingeschlossen, was darauf hindeutet, dass das Plasmodium noch innerhalb der Cyste in mehrere Theile zerfallen kann.

Diese so lebhaft an Infusoriencysten erinnernden Bildungen müssen den Verdacht, dass hier eine Verwechselung der Plasmodien mit Amoeben stattfand, rege machen. Da ich aber gerade mit diesem Zweifel an die Beobachtung ging und mir eine infusorielle Cystenbildung bei Myxomyceten wegen ihrer Verwandtschaft mit den Pilzen keine willkommene Erscheinung war, so suchte ich auf das Genaueste die Entwickelung der derbwandigen Cysten aus den Plasmodien zu untersuchen. Die Erscheinung trat jedoch auf dem Objectträger so massenhaft ein, die Bildung der Cysten auf den auf Tafel XIX. Fig. 1—4. dargestellten Plasmodien war so leicht durch alle Zwischenstufen zu verfolgen, dass der Gedanke an fremde Infusorien oder Amoeben als ein ganz unzulässiger sich herausstellte. Und sollte trotzdem noch ein Zweifel übrig geblieben sein, so müsste er durch die Thatsache, dass ich aus den,

mehrere Wochen getrockneten Cysten unter erneuertem Benetzen mit Wasser wieder Plasmodien herauskommen sah, vollständig beseitigt sein.

Das Austreten der Plasmodien aus den Cysten geht äusserst langsam vor sich. Nachdem die letzten ein paar Wochen in Wasser unverändert liegen blieben, gewann die eingeschlossene Kugel an Umfang; ihr grobkörniger Inhalt wurde an einer Seite der Peripherie gleichförmig flüssig. Kurz darauf nimmt man sehr langsame Veränderungen der Umrisse des Inhalts wahr. Bei weiter vorgeschrittener Aufweichung der Cysten quillt der Inhalt merklich an, erweitert die ihn umhüllende Membran, die an seinen jetzt lebhafteren Gestaltveränderungen keinen Antheil nimmt (Taf. XXI. Fig. 5., 6.). Allmälig bricht sich nun das Plasmodium Bahn durch die zwei Häute hindurch. Die geringe Ausgangsöffnung in der äusseren Membran ist ihrer Faltung wegen nicht deutlich wahrzunehmen; die innere Haut bleibt in der Cyste als ein zusammengeschrumpfter Sack zurück. Das befreite Plasmodium ist von dem gewöhnlichen nicht zu unterscheiden (Taf. XXI. Fig. 7.).

Was die Verhältnisse, die die derbwandige Cystenbildung veranlassen, anbetrifft, so ist ein langsames Austrocknen als das hauptsächlich bedingende Moment anzusehen. Bei Plasmodien, die ich aus Zellenzustände gezogen habe, waren nie derbwandige Cysten aufgetreten. Es scheint demnach, dass durch diese Art der ruhenden Zustände nur das jugendliche Plasmodium von äusseren Schädlichkeiten behütet wird.

Die Licea pannorum war die einzige Myxomycete, bei der ich die Cystenbildung auffinden konnte. Bei anderen, vielfach in dieser Beziehung untersuchten jungen Plasmodien erhielt ich stets nur negative Resultate.

Es erübrigt mir noch den dritten Ruhezustand zu erwähnen. Wie wir bereits auch durch de Bary's Arbeiten wissen, zerfällt das Plasmodium bei langsamer Austrocknung unter den Augen des Beobachters und zwar sehr rasch in eine Unzahl von Kugeln der mannigfaltigsten Grösse. De Bary sieht diese Gebilde als Zellen an, indem er ihnen eine Zellstoffhaut, einen Kern und Inhalt zuschreibt. In meinem oben citirten Aufsatze habe ich dieselben Bildungen bei Physarum album beschrieben und die Gründe, welche ihre Zellennatur verdächtigen, angegeben. Es gelang mir auch jetzt noch nicht über diesen Punkt ins Klare zu kommen. Nachträglich fand ich die Zellenzustände bei Physarum sinuosum,

Licea pannorum (Tafel XXI. Fig. 11.), Didymium Serpula (Tafel XVII. Fig. 14.), D. leucopus (Taf. XXI. Fig. 12—14.), bei Aeth. septicum und bei einem ziegelrothen, unbekannten Plasmodium. Es scheint demnach diese Art der ruhenden Zustände eine weit verbreitete bei den Myxomyceten zu sein. In Betreff ihrer Structur und Entwickelung haben sich meine, bei Gelegenheit des Physar. album gemachten Erfahrungen bestätigt. Die Zellenzustände entstehen nicht nach der Art der freien Zellenbildung, wohl aber durch Abschnürung des Plasmodiums (Taf. XXI. Fig. 15., 16.). In den meisten Fällen sind es nackte, höchstwahrscheinlich solide Körper, die in frischem Zustande Schleimkügelchen, in trockenem zahlreiche Vacuolen einschliessen. Der für die Sporen und Schwärmer charakteristische Nucleus war in allen von mir untersuchten Zellenzuständen nicht zu finden. Bei sehr langsamem Austrocknen wird ihre Oberfläche in eine Celluloseschicht, die selbst als eine gesonderte Hülle erscheint, umgewandelt (Taf. XXI. Fig. 11., 12., 13.). Da, wo die Zellen in Haufen zusammengeballt liegen, bekommen sie ein täuschend dem Pflanzengewebe ähnliches Aussehen, werden zu polyedrischen, unregelmässigen Formen abgeflacht; an ihren Berührungsflächen treten oft mehrere Längskanten hervor (Taf. XXI. Fig. 13., 14.). Wo das Plasmodium gefärbt erscheint, wird der Farbstoff beim Uebergange in den ruhenden Zustand mit in die Zellen eingeschlossen (Taf. XVII. Fig. 14.) und nicht, wie bei der Entstehung der Sporen, aus dem Bildungsmaterial entfernt.

Der physiologischen Bedeutung nach entsprechen die Zellenzustände vollständig den Cysten. Durch Austrocknung verlieren sie ihre Lebensfähigkeit nicht und wieder in Wasser gebracht kehren sie in den Plasmodiumzustand zurück. Die aufgeweichte Myxomycetenzelle verwandelt sich in einen amoebenartigen Körper [Myxoamoebe] (Taf. XVIII. Fig. 1—3., 5., 6.). Die Hülle, mit Ausnahme anormaler Fälle, wird nicht, wie bei den derbwandigen Cysten, abgestreift, sondern sie geht mit dem eingeschlossenen Körper in die Myxoamoebe über. Die letzteren haben ganz dieselbe Beschaffenheit und dasselbe Aussehen, wie die durch Verschmelzen mehrerer Schwärmer gebildeten Amoeben, wogegen die aus den derbwandigen Cysten hervortretenden Körper sich wie junge, fertige Plasmodien zu verhalten scheinen.

IV.

Werfen wir einen Rückblick auf die gesammte Entwickelung der Myxomyceten, so ergeben sich folgende Punkte, die wir bei Aufsuchung analoger Erscheinungen im Auge behalten müssen: 1) Schwärmsporen, die sich in amoebenartige Körper verwandeln, 2) Zusammenschmelzen der letzteren in nackte, bewegliche Protoplasmamassen, 3) Zerfallen dieser Massen in Mutterzellen der Schwärmer innerhalb einer an der Oberfläche der Protoplasmamasse gebildeten Haut, 4) auf allen Stufen der Entwickelung, Cystenbildung.

Fragen wir uns zunächst, welche Pflanzen oder Thiere sind es, deren Schwärmer sich in amoebenartige Körper verwandeln, so werden wir zu einer Organismengruppe, die scheinbar in keinem näheren Verhältniss mit Myxomyceten stehen kann, zu den Monaden geführt. Wigand*) hat zuerst des Verhaltens der Monadenschwärmer mit anderen analogen Fällen in Beziehung auf die Myxomyceten Erwähnung gethan; de Bary suchte dann die Parallele zwischen beiden Gruppen näher zu ziehen**). Die Schwärmer, die Amoebenzustände stimmen nach ihm in beiden überein — die Cyste (Zelle) der Monaden vergleicht er mit der Frucht der Myxomyceten. Eine wesentliche Lücke blieb in dieser Zusammenstellung nicht ausgefüllt, weil es gänzlich an Thatsachen fehlte, die die Anwesenheit nackter Protoplasmamassen bei den Monaden bewiesen.

Da die Entwickelungsgeschichte der Monaden keineswegs eine erschöpfte Frage ist, so wird es nicht zwecklos erscheinen, wenn wir sie noch einmal der Untersuchung unterwerfen und die Beobachtung hauptsächlich auf solche Punkte richten, die uns möglicherweise auf plasmodienartige Gebilde bei den Monaden hinführen werden.

Ohne das schon bekannte Material hier wiederholen zu wollen, muss ich doch des Verständnisses wegen aus meinen früheren Untersuchungen über Monas amyli und M. parasitica***) die Hauptsätze entnehmen und ihnen einige neulich gefundene Thatsachen folgen lassen.

---

*) Diese Jahrbücher, III. Bd. 1. Heft, pag. 56.

**) Flora, 1862, Nr. 19., pag. 303.

***) Bull. phys. math. Acad. St. Petersb. T. XIV., XVII. Pringsheim's Jahrbücher, I, 371.

Die beiden genannten Monaden besitzen schwärmende Zustände, welche sich in Amoeben mit spitzen Pseudopodien (seltener runden) verwandeln (Taf. XIX. Fig. 12—10.). Diese Amoeben nehmen fremde Körper als Nahrung in sich auf — bei Monas parasitica das Chlorophyll, bei Monas amyli die Stärke — und bilden um den verschlungenen Körper eine Blase. Die letztere wächst und verhält sich ganz wie eine Zelle; sie stellt den Zellenzustand der Monaden dar. Aus ihrem Inhalte, mit Ausschluss der verschlungenen Nahrung bilden sich Schwärmer, die aus der Mutterzelle herauskriechen, sich in amoebenartige Körper verwandeln und wieder die ganze Entwickelungsreihe durchmachen.

Ausser dem Zellenstadium und der Schwärmerentwickelung besitzen die Monaden ruhende Zustände — eine Cystenbildung. Diese erfolgt innerhalb der Monadenzelle, indem sich ihr Inhalt von der unverbrauchten Nahrung sondert und mit einer derben Membran umhüllt. Dieselbe Beschaffenheit hat die Monadencyste, wenn der fremde Körper vollständig aufgelöst wurde, nur vermisst man ihn dann natürlich in der Cyste. Das Characteristische der ruhenden Zustände der Monaden besteht immer darin, dass innerhalb einer weit abstehenden Hülle, die die Umrisse der früheren Monadenzelle angiebt, eine zweite derbwandige Kugel, der encystirte Inhalt der Monadenzelle, nebst der übrigebliebenen Nahrung eingeschlossen ist. Die Monaden ergeben sich also als einzellige Organismen, die die Schwärmsporen bildenden Pflanzen mit den Infusorien vereinigen.

Die charakteristische Cystenbildung der Monaden giebt uns Mittel an die Hand, auch an anderen nicht genügend untersuchten Organismen die für die Monaden gefundene Entwickelungsnorm zu erkennen. Hierher gehören unstreitig die rothen an den Confervenfäden, besonders an Spirogyren, so oft vorkommenden Cysten, die einer ziegelrothen von Fresenius*) als Amoeba lateritia bezeichneten Species zuzuschreiben sind. Die Entwickelung dieser Amoebe ist noch sehr lückenhaft von mir untersucht worden, dennoch ist das wenige Bekannte schon geeignet, einen Anhaltspunkt für die Plasmodienfrage zu gewähren.

Der Inhalt der erwähnten rothen Cysten zerfällt in 4 Theile, die an verschiedenen Stellen ihre Wand durchbrechen und in Form

*) Beitr. zur Kenntniss mikrosk. Organ. in Abhandl. d. Senckenberg. Ges. Bd. II. pag. 218. Taf. X. Fig. 13—19.

actinophrysartiger Amoeben ihre Bildungsstätte verlassen. In der Cyste sind dunkelrothe Haufen des bei der Theilung unverbrauchten Inhalts zurückgeblieben. Die befreiten Amoeben senden zahlreiche spitze Fortsätze aus; wo der Inhalt gefärbt erscheint, kann man einen Nucleus und mindestens einen contractilen Raum wahrnehmen. Die Amoeba lateritia verschlingt fremde Körper, Confervenstücke, Stärkekörner in derselben Weise, wie andere Amoeben; sie ist folglich hüllenlos. Nachdem sie eine Zeitlang sich frei im Wasser bewegte, haftet sie an Confervenfäden und geht wieder in den Cystenzustand über. Da ich über Entstehen der letzten aus den Schwärmern noch keinen Aufschluss habe, so kann ich nicht angeben, ob diese Cysten als Zellen anzusehen seien. Gewiss ist es, dass innerhalb derselben sich der ruhende Zustand der Amoeba lateritia auf die für Monaden charakteristische Weise ausbildet. Der Inhalt der Cyste scheidet sich nämlich von den dunkel gefärbten Haufen und wird in eine derbe Membran eingehüllt.

Nachdem wir uns auf diese Weise versichert haben, dass die Amoeba lateritia zu den Monaden zu zählen sei, wollen wir ihre hüllenlosen, beweglichen Zustände näher betrachten.

Die aus den Cysten stammenden Inhalttheile können längere Zeit, ohne sich von Neuem zu encystiren, bestehen, dabei nehmen sie merklich an Umfang zu. Ihre Bewegungen sind kriechend; im Innern ist kein Fliessen wahrzunehmen. Die langen Strahlen entstehen als unmittelbare Verlängerung der Körpersubstanz an beliebigen Stellen der Oberfläche und können wieder zurückgezogen werden.

Die Amoeba lateritia theilt sich auch ausserhalb der Cyste. An beliebiger Stelle ihres Körpers entsteht eine Einschnürung, wodurch sie eine zweilappige Form annimmt. Indem nun die Lappen auseinanderrücken, wird die Einschnürung in einen äusserst dünnen Faden gezogen, der schliesslich zerreisst und die Theilung der Amoebe zur Folge hat. Sehr oft aber kommt die Theilung nicht zum Abschluss, dagegen erfolgt eine Vereinigung beider Lappen. Durch die Vermittelung des dünnen Verbindungsfadens geht die Körpersubstanz aus einem Lappen in den anderen über, wobei sich unterwegs Anschwellungen, die in den Faden gleiten, bilden. Auf diese Weise wird der eine Lappen durch den Faden in den anderen und später der Faden selbst eingezogen. Die Bilder, die man bei diesen Vorgängen zur Anschauung bekommt, sind so täuschend ähnlich den jungen Plasmodien (Taf. XVIII. Fig. 10.),

die Bewegungsverhältnisse mit denen des Fadenplasmodiums so übereinstimmend, dass die Analogie zwischen beiden kaum zu leugnen ist.

Ist man einmal auf das Vorkommen actinophrysartiger, nackter Protoplasmamassen bei der Entwickelung der Monaden aufmerksam geworden, so lassen sich solche auch an anderen unzweifelhaften Monaden leicht auffinden.

Schon in meinen früheren Untersuchungen über Monas amyli erwähnte ich, dass der Inhalt der Monaszelle anstatt in Schwärmer zu zerfallen, oft ungetheilt aus ihr heraustritt*). Dieser Inhalt repräsentirt hier den Werth vieler Schwärmer. Er bewegt sich wie ein einzelner Schwärmer, nur sind die Erscheinungen der grösseren Masse wegen viel deutlicher; er gleitet auf dem Objectglase hin, nimmt gelappte, verzweigte Formen an und sendet an verschiedenen Stellen seiner Oberfläche einfache oder getheilte Strahlen aus (Taf. XIX. Fig. 9.). Der vorwaltende Charakter der Bewegung besteht jedoch in der Eigenschaft des Körpers, sich in lange Fäden ziehen zu können, an welchen stellenweise spindelförmige oder unregelmässige Anhäufungen der Körpersubstanz sich ansammeln (Taf. XIX. Fig. 7., 8.). Vergleicht man diese Figuren, die zu der M. amyli gehören, mit denen, die das Fadenplasmodium darstellen (Taf. XIX. Fig. 5.)., so wird es sofort klar, worin das bei den Bildungen Gemeinschaftliche liegt. Die Analogie ist nicht allein eine formelle, sondern im Wesen der Bewegung und, wie ich schon hier hinzufügen kann, in der Entwickelungsgeschichte beider Gebilde begründet. Das Auseinanderreissen der Verbindungsfäden, das Zusammenschmelzen des Ganzen in eine Masse, das Verhalten der Spindeln zu der in Fäden verlängerten Grundsubstanz ist unzweifelhaft bei beiden dasselbe, wenn auch bei den Monaden der Unterschied der Bestandtheile des Plasmodiums nicht so deutlich in die Erscheinung tritt.

Durch Auffindung dieser Thatsachen sind wir um einen Schritt weiter in der Begründung der Analogie zwischen Myxomyceten und Monaden gekommen. Wir haben schon eine, eine längere Zeit bestehende, freie Protoplasmamasse, die als ein Glied der Entwickelungsgeschichte der Monade erscheint. Allein, um ihr die volle Bedeutung des Plasmodiums zuschreiben zu können, müssen wir zuvor über ihre Beziehungen zu den Schwärmern ins Klare

*) Bull. phys. math. Acad. St. Petersb. T. XIV. Taf. II. Fig. 34—37.

kommen. In der Hoffnung, über diesen Punkt Aufschluss zu erlangen, kehren wir zu der Betrachtung der Schwärmer von Monas Amyli zurück, wobei wir das Merkmal des Plasmodiums, seine Entstehung aus dem Verschmelzen der Myxoamoeben resp. Schwärmern nicht ausser Acht lassen dürfen. Würde man beweisen können, dass der Protoplasmamasse der Monaden dieselbe Entwickelung zukommt, so wäre die Frage vollständig gelöst.

In meinem zweiten Aufsatze*) über Entwickelung der Monas amyli habe ich die Monadenzelle von dem Schwärmer, der das Stärkekorn verschlingt, hergeleitet. Diese Beobachtung liess sich so oft, besonders an kleinen Körnern, wiederholen, dass ich nicht den geringsten Grund habe, sie anzuzweifeln. Allein, das ist nicht der einzige Weg, auf dem sich die Monadenzelle bildet. Wo die Schwärmer massenhaft auftreten und die Stärkekörner in geringer Zahl vorhanden sind, sieht man, dass mehrere, oft viele Schwärmer sich auf ein Stärkekorn niederlassen und gemeinschaftlich zu der Bildung der Monadenzelle beitragen. Um zu ermitteln, wie diese zu Stande kommt, müssen wir das von zahlreichen Schwärmern befallene Stärkekorn längere Zeit anhaltend beobachten. Die zuerst in Kügelchen contrahirten Schwärmer (Taf. XIX. Fig. 13.) beginnen sich abzuplatten und in der Form von Kugelmenisken das Korn von allen Seiten zu umgeben. Nach einer Weile werden die Menisken noch mehr abgeflacht und rücken näher aneinander, so dass sie in Berührung kommen. Noch ist ein jeder Schwärmer durch die Meniskenwölbung bezeichnet (Tafel XIX. Fig. 14.). Allmälig wird die Berührungsstelle der anstossenden Menisken verwischt und indem sich die Wölbungen der letzten ausgleichen, tritt immer schärfer um das Stärkekorn eine continuirliche Linie hervor — die Schwärmer sind in eine Schicht verschmolzen, die als eine scharfe Contour dem Beobachter entgegentritt. Diese umhüllende, dünne Schicht hebt sich nach und nach vom Stärkekorne ab und wird schliesslich zu der Monadenzelle (Taf. XIX. Fig. 15.).

Die Feststellung dieser Thatsache gehört zu den zeitraubendsten, die ich kenne; denn die Schwärmer sind nicht immer geeignet feste Nahrung aufzunehmen; oft gehen die Menisken nach langem Ankleben an dem Stärkekorne wieder auseinander, entwickeln eine Cilie und schwimmen davon. Auch die Zahl der

*) Bull. phys. math. Acad. St. Petersb. T. XVII.

sich festgesetzten Schwärmer ist nicht ohne Einfluss auf das Resultat der Beobachtung. Ist sie zu gering, so verdünnt sich die Substanz der umhüllenden Schwärmer dermaassen, dass man in den Vorgang keine Einsicht gewinnt. Am Zweckmässigsten sind Stärkekörner von geringerer Grösse, welche von etwa 4—5 Schwärmern befallen, zu der Beobachtung geeignet; die ganz kleinen werden in der Regel nur von einer Monade verschluckt.

In Betreff der Verschmelzung der Schwärmer kann ich noch eine zweite Thatsache hinzufügen. Ihre Vereinigung geschieht nicht allein bei der Entstehung der Monadenzelle, sondern sie bezweckt auch die Bildung freier, beweglicher Protoplasmamassen. Ich habe diese Beobachtung an drei Schwärmern, von denen ein jeder ein ganz kleines Stärkekorn einschloss, gemacht (Taf. XIX. Fig. 16.). Die Schwärmer waren kugelig, ihre Substanz sehr verdünnt; der letzte Umstand scheint besonders geeignet die Schwärmer zur Vereinigung zu bewegen. Nachdem sie eine Zeit lang, etwa ein paar Minuten, sich berührten, verschmolzen sie unter den Augen in einen actinophrysartigen Körper, der drei Stärkekörner einschloss (Taf. XIX. Fig. 17.). Bei der gleitenden Bewegung des Körpers, bei fortwährender Contractilität und Dehnung desselben, waren die Stärkekörner hin- und hergerückt, weit auseinander geschoben und bewiesen durch dieses Verhalten auf das Bestimmteste, dass die Schwärmer vollständig in eine Masse zusammengeflossen waren. Gewöhnlich hören die Bewegungen, nachdem der Schwärmer die Stärke umhüllt hat, auf; nur ausnahmsweise scheint der bewegliche Zustand längere Dauer zu bewahren.

Wir müssen also die Vereinigung mehrerer Schwärmer in hüllenlose, actinophrysartige Körper bei den Monaden als bewiesen ansehen. Somit wäre auch der letzte noch fehlende Grund gegeben, um die nackten Protoplasmamassen der Monaden als ein Plasmodium zu deuten.

Es bleiben nun noch die zwei anderen Entwickelungsstadien, die Cysten und Früchte der Myxomyceten auf die Verwandtschaft mit den Monaden zu prüfen.

Was zuerst die ruhenden Zustände, die Cysten betrifft, so ist das Encystiren des Schwärmers, soviel ich weiss, nirgends ausser den Myxomyceten beobachtet worden. Auch für ihre Zellenzustände wird schwer eine Analogie bei den Monaden ausfindig zu machen sein, denn die Mutterblase der Schwärmer muss, wie ich früher schon erwähnte, mit vollem Rechte als eine Zelle, der ein

Wachsthum zukommt, anerkannt werden. So bleiben nur die derbwandigen Cysten, als den beiden Gruppen gemeinsam, übrig.

Schliesslich betrachten wir noch das letzte bekannte Entwickelungsstadium, die Peridie der Myxomyceten. Die Vergleichung der Frucht mit der Monadenzelle würde schwer durchzuführen sein; denn wenn auch in einigen Fällen die Wand der Peridie aus geschichteter Cellulosehaut besteht, so ist dies kein genügender Grund, die Myxomycetenfrucht als eine Zelle zu betrachten. Aber wollte man auch dieses zugeben, so fehlt der genannten Peridie das Wachsen in der Weise der vegetabilischen Zelle, soviel bis jetzt bekannt, ganz. Es ist wahrscheinlich, dass dieses der Monadenzelle entsprechende Stadium sich auch bei Myxomyceten auffinden lässt. Wie dem auch sein mag, wie sich auch immer der weitere Weg der Entwickelung beider Gruppen durch fernere Untersuchungen herausstellen wird, so viel steht fest, dass die Uebereinstimmung der Structur der Schwärmer, ihr Verschmelzen in nackte, bewegliche Protoplasmamassen, die ruhenden Cysten, genügende Gründe abgeben, die Verwandtschaft der Myxomyceten und Monaden ausser Zweifel zu stellen.

Auf diese Weise erscheint die merkwürdige Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten nicht mehr als einzig dastehendes Beispiel, sondern findet sich ganz bestimmt bei Monaden und wird wahrscheinlich als eine bei den verwandten Rhizopoden (Actinophryen) weit verbreitete Entwickelungsnorm sich herausstellen. Das Merkwürdige liegt nicht in der Erscheinung selbst, vielmehr in dem ungeheuren Maassstabe, den sie bei den Myxomyceten erreicht.

Die Beziehungen der Schleimpilze zu den aechten Pflanzen lassen sich zur Zeit, wo man über die Entwickelung sich anschliessender Uebergangsformen gar nichts kennt, nicht näher angeben, wenn auch die pilzähnlichsten Myxomyceten, die Trichien, Lycogalen, den Weg, wo die verwandten Pflanzen zu suchen sind, voraus bezeichnen mag.

Was schliesslich die Verwandtschaft der Myxomyceten mit Gregarinen anbetrifft, so ist leider der Hauptpunkt, der entscheidend wäre, nicht ermittelt, nämlich, es ist noch unbekannt, wie die Amoeben, die von den Psorospermien herstammen, sich in die Gregarinen umbilden. Ob erwähnte Amoeben zu grösseren anwachsen können und durch Verschmelzung mit einander den Plasmodien analoge Bildungen darstellen, darüber haben wir auch keine Erfahrung. An den Amoebidien (Lieberkühn's parasitischen

Schläuchen)*), habe ich die Amoeben in Cysten, in denen ein Bündel spindelförmiger, junger Amoebidien entsteht, sich umwandeln sehen; die Amoeben hatten in diesem Falle den physiologischen Werth gewöhnlicher Zoosporen, ohne die Eigenschaft in dieser Form längere Zeit zu bestehen, mit den Myxomyceten und Monaden zu theilen.

Zum Schluss dieses Aufsatzes will ich noch einige Bemerkungen über die Amoebenfrage beifügen.

Das häufige Auftreten von amoebenartigen Gebilden im Laufe der Myxomycetenentwickelung, ihre täuschende Aehnlichkeit mit frei lebenden Amoeben, macht die von de Bary ausgesprochene Vermuthung, dass die letzteren in den Entwickelungskreis der Myxomyceten gehören, sehr wahrscheinlich.

Das bekannte, wenn auch noch so dürftige Material über Entwickelung der Amoeben ist doch genügend, um vorauszusehen, dass sie sich als Entwickelungsglieder sehr heterogener Organismen herausstellen werden. Es ist eine umfangreiche Aufgabe, die unter den Amoeben zusammengeworfenen Körper zu sondern und ihre genetischen Beziehungen aufzuklären. Wenn auch meine in dieser Richtung vorgenommenen Untersuchungen noch ein äusserst lückenhaftes Resultat ergeben, so kann ich nicht umhin, wenigstens einiges, was für die betreffende Frage brauchbar sein dürfte, hier mitzutheilen.

Es bestätigt sich erstens, was ich früher bei Gelegenheit der Amoebidien**) angab, dass einige Amoeben längliche Gestalt annehmen können, eine schwingende Wimper entwickeln und in einen Schwärmer sich verwandeln (Taf. XVII. Fig. 18—21.). Die schwärmerbildende Amoebe hat einen Nucleus und contractilen Raum aufzuweisen. Die Pseudopodien sind spitz oder rund, was bei einem und demselben Exemplar unter Umständen stattfindet und dadurch die specifische Bestimmung äusserst erschwert. Ich fand diese Amoebe in faulenden Kartoffeln und Nitellen mit Monas amyli zusammen, auch in gewöhnlichen Infusionen kommt sie nicht selten vor; sie ist wahrscheinlich in die Nachbarschaft von A. radiosa Ehr. und A. diffluens zu stellen.

---

*) Bot. Zeit. 1861. No. 25.

**) l. c. pag. 170.

Betrachten wir nun näher den Schwärmer. Je nach der wandelbaren Grösse der Amoebe sind auch die Schwärmer von verschiedenen Dimensionen (0,018—0,036 Mm.). Ihr vorderes, zugespitztes Ende läuft in eine lange Cilie aus, unter derselben ist der Nucleus angebracht, der wie eine, ein Körnchen einschliessende Vacuole aussieht; an dem hinteren, abgerundeten Theile findet sich stets ein pulsirender Raum. Der Inhalt ist farblos, feinkörnig, oft mit verschiedenen fremden Körpern gemengt (Taf. XVII. Fig. 18—20.).

Vergleicht man diese Schwärmer mit denen der Myxomyceten, so kann man kein Merkmal ausfindig machen, das beiden nicht gemeinschaftlich wäre — die Cilie, der Nucleus, die contractile Vacuole stimmen überein. Auch theilen diese Schwärmer mit den Plasmodienbildenden die Eigenschaft sich in Amoeben zu verwandeln und aus diesem Zustande wieder in den des Schwärmers zurückzukehren. Wenn der Amoebenschwärmer in Begriff ist, sich in eine Amoebe umzuwandeln, dann erscheinen an seiner Oberfläche an verschiedenen Stellen Auswüchse, Ausstülpungen, die bei verlangsamten, in kriechende übergehenden, Bewegungen des Schwärmers sich in Pseudopodien ausziehen. Die Wimper ist noch eine Zeitlang sichtbar, schliesslich verschwindet sie gänzlich (Taf. XVII. Fig. 18., 19., 21.).

Ungeachtet dieser Uebereinstimmung der Amoeben- und der Myxomycetenschwärmer gelang es mir nicht, durch fortgesetzte Cultur an den ersteren Bildungen zu beobachten, die zum Plasmodium hinführen möchten. Die Amoeben haben stets Kugelform angenommen, ohne sich einzuhüllen und erinnerten sehr lebhaft an die Zellenzustände der Myxomyceten. Die Amoebenschwärmer weisen auf eine noch nähere Verbindung der frei lebenden Amoeben mit den Myxomyceten hin, als man blos aus der morphologischen Aehnlichkeit beider Gebilde schliessen konnte. Ein vollständiger Beweis würde natürlich erst dann geführt sein, wenn es gelänge, durch Culturen aus den frei lebenden Amoeben Bildungen zu erziehen, die unzweifelhaft schon zu den Myxomyceten gehören, oder umgekehrt, in den Entwickelungsgliedern der letzten auf Körper zu stossen, die sich in Allem wie freie Amoeben verhalten.

Betrachten wir zuerst, wo man in der Entwickelungsreihe einer Myxomycete die freien Amoeben aufzusuchen hat. Man kann zwar nicht läugnen, dass Theile eines Plasmodiums (z. B. von Licea

pannorum) Tage lang in Wasser fortleben können und eine grosse Aehnlichkeit mit Amoeba radiosa, A. verrucosa u. d. g. besitzen. Allein dem Plasmodium, sowie den Myxoamoeben fehlt ein Nucleus, der in Gemeinschaft mit dem contractilen Raum als immer vorhandenes Attribut der meisten Amoebenspecies (A. radiosa, verrucosa, difluens, quadrilineata Carter, Limax Duj, Guttula Duj.) zu betrachten ist. Nun finden wir den Nucleus und contractilen Raum bei den Myxomycetenschwärmern, vermissen aber den ersten, sobald mehrere Schwärmer in eine Myxoamoebe verschmelzen, wenn auch in diesem Körper mehrere contractile Vacuolen zum Vorschein kommen. Deswegen glaube ich, dass man bei der Amoebenfrage alle Glieder, die bei der Entwickelung der Myxomyceten nach der Verschmelzung der Schwärmer dem Beobachter entgegentreten, ganz ausser Acht lassen kann. Wir wären auf diese Weise auf einen engeren Kreis, auf den Myxomycetenschwärmer, beschränkt und dürften unsere Versuche dahin leiten, um aus dem ersten eine freilebende Amoebe durch Culturen erziehen zu können.

Bei lange fortgesetzten Keimversuchen mit Licea pannorum und Physarum album kam nun wirklich oft der Fall vor, dass die Schwärmer keine Plasmodien bildeten und allmälig zahlreiche Amoeben auftraten, die nur durch bedeutendere Grösse und eine deutliche Sonderung des Inhalts in zwei Substanzen von dem cilienlosen Schwärmer sich unterschieden. Man konnte diese Amoeben wochenlang auf dem Objectträger herumkriechen sehen, ohne irgend eine Veränderung an ihnen wahrzunehmen (Taf. XX. Fig. 36 bis 41.). Dessenungeachtet war dadurch die Frage nicht gelöst, weil bei so langer Dauer der Cultur sich die Identität dieser Amoeben mit cilienlosen Myxomycetenschwärmern nicht feststellen liess. Ein günstigeres Resultat dürfte von einem passenden Material zu erwarten sein, wo der Schwärmer z. B. gefärbt und also die ihm gehörende, schärfer charakterisirte Amoebe von fremden Eindringlingen leichter zu unterscheiden wäre.

Es giebt noch einen Berührungspunkt, den die freilebenden Amoeben mit den Myxomyceten gemeinschaftlich besitzen, nämlich die Cystenbildung. Ausser den von Auerbach gefundenen glatten Cysten*), besitzen einige Amoeben ruhende Zustände, die ganz an die gefalteten derbwandigen Cysten der Myxomyceten erinnern.

*) Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie Bd. VII.



Ich fand solche zu wiederholten Malen bei einer Amoebe, die massenhaft auf faulenden Substanzen, wo auch Myxomyceten keimten (Trichia circumcissa?), erschien. Sie war birnförmig, durchschnittlich 0,06 Mm. lang, hatte viele contractile Vacuolen und einen Nucleus aufzuweisen. Sie scheint mit A. Limax Duj. verwandt zu sein (Taf. XXI. Fig. 17.). Ihre Cyste, deren Bildung ich unter dem Deckglase durch alle Zwischenstufen verfolgen konnte, besass eine festonartig gefaltete, seltener glatte Hülle; der eingeschlossene Körper war kugelrund von einer derben Membran eingefasst; sein Durchmesser betrug 0,023, der der ganzen Cyste 0,026 Mm. (Taf. XXI. Fig. 18—20.).

Aus dem Gesagten erhellt, dass die Selbständigkeit einiger Amoebenspecies durch ihre den Myxomyceten ähnliche Schwärmerzustände und Cystenbildungen noch mehr als früher verdächtig erscheint, wenn sie auch noch nicht definitiv geleugnet werden kann.

Mit noch grösserem Rechte wäre die Vermuthung auszusprechen, dass viele Amoeben, besonders solche, die mit den Actinophryen Aehnlichkeit besitzen, als Entwickelungsglieder der Monaden sich herausstellen lassen werden; denn erstens, ist die Uebereinstimmung der Amoeben- und Monadenschwärmer, wenigstens bei einigen, eben so vollständig, wie bei den Myxomyceten. Ich habe zwar bis jetzt bei Monas amyli keinen Nucleus und contractilen Raum sehen können, habe aber beide in Monas parasitica und der von ihr abstammenden actinophrysartigen Amoebe gefunden; zweitens, ist für die Amoeba lateritia, wie wir oben sahen, schon der Beweis geliefert, dass sie als Entwickelungsstadium einer Monade zu betrachten sei.

Von künftigen Untersuchungen wird es abhängen, eine grössere Präcision, als bis jetzt möglich war, in die Beantwortung der vielseitigen Amoebenfrage zu bringen.

Berlin, im Mai 1863.

Erklärung der Abbildungen.

Die in Klammern beigefügten Zahlen geben die Vergrösserungen an. Sämmtliche Figuren der Tafel XX. sind 350mal, der Tafel XXI. 320mal vergrössert dargestellt.

Taf. XVII.

Fig. 1. (etwa 4mal) Die Peridien der Licea pannorum Wallr.

Fig. 2. (350) Abnorm grosse Sporen des Physarum album Fr.

Fig. 3—6. (350) Keimende Sporen desselben.

Fig. 7—9. (350) Keimende Sporen des Didymium leucopus Fr.

Fig. 10. 11. (350) Keimende Sporen der Licea pannorum.

Fig. 12. (natürl. Grösse) Kleines Exemplar des Plasmodiums des Didym. serpula Fr.

Fig. 13. (natürl. Grösse) Das Plasmodium von derselben Myxomycete nach einem photographischen Bilde copirt.

Fig. 14. (320) Zellenzustände des Didym. serpula, mit Kalkkörnern und Crystallen bestreut.

Fig. 15. (natürl. Grösse) In Zellenzustand übergegangenes Plasmodium ebenfalls von D. serpula, mit Beibehaltung der netzartigen Verzweigungen.

Fig. 16. (172) Ein Plasmodiumstrang derselben Myxomycete; g m, die Grundmasse; k s, die körnige in fliessender Bewegung begriffene Substanz; a, die hyalinen, tentakelartigen Zweige der Grundmasse.

Fig. 17. (natürl. Grösse) Die Frucht des Didym. serpula, ein lebendiges Blatt der Glechoma hederacea überziehend.

Fig. 18—20. (350) Die Amoebenschwärmer.

Fig. 21. (550) Die aus den Schwärmern Fig. 18. entstandene Amoeba.

Taf. XVIII.

In allen Figuren sind die contractilen Vacuolen der Randschicht mit vc bezeichnet.

Fig. 1. (350) Eine Zelle von Didymium leucopus mit Wasser benetzt.

Fig. 2—3 (350) Dieselbe in eine Myxoamoebe sich umwandelnd.

Fig. 4. (350) Zwei sich aneinanderlegende Myxoamoeben im Moment der Verschmelzung; s p, die Stelle in welcher das Zusammenfliessen noch nicht vollzogen ist, rechts von ihr treten schon die Schleimkügelchen von einer Myxoamoebe in die andere über.

Fig. 5. (350) Eine Myxoamoebe in Theilung begriffen.

Fig. 6. (350) Ein kleines Plasmodium von D. leucopus einen fremden Körper k, allmälig umhüllend, um ihn schliesslich in sich aufzunehmen.

Fig. 7. (100) Ein ausgebildetes Plasmodium von D. leucopus; s t, die Ströme der körnigen Substanz; die die Ströme umsäumenden Punkte sind in der Abbildung zu scharf gezeichnet.

Fig. 8. (250) Ein dünner Verbindungsfaden des Plasmodiums des D. serpula; l, linsenförmige Anhäufungen der körnigen Substanz.

Fig. 9. (250) Ein Theil der Plasmodiumplatte derselben Myxomycete. st, der sich allmälig in der Grundmasse verlierende Strom der körnigen Substanz. In den zahlreichen Vacuolen, sowie an den Lücken-Umgrenzungen (die hier zu dunkel schattirt sind), tritt die Grundmasse klar zum Vorschein.

Fig. 10. (350) Ein in dünné Verbindungsfäden sich ziehendes Plasmodium von D. leucopus; gm, der helle Saum der Grundmasse.

Fig. 11. (250) Ein blind endender Plasmodiumstrang des D. leucopus; gm, die hyaline Grenzschicht der Grundmasse; vc, die Vacuolen; z, die in dem Strome herumgeführten Myxomycetenzellen.

Taf. XIX.

Fig. 1., 2, 4. (100) Das Plasmodium von Licea pannorum Wallr.; gm, Grundmasse; vc contractile Vacuolen.

Fig. 3. (550) Dasselbe mit stark entwickelter körniger Substanz; gm, die Grundmasse.

Fig. 5. (250) Ein unbekanntes Fadenplasmodium mit spindelförmigen Verdickungen; h, ein Haufen von Spindeln, ab, eine Netzmasche.

Fig. 6. (250) Dasselbe Plasmodium mit grösserem Protoplasmaballen; pm, w, z, die Anfange neuer Zweige.

Fig. 7. 8. (350) Nackte Protoplasmamasse der Monas amyli m.

Fig. 9. (350) Dieselbe in Form eines actinophrysartigen Körpers.

Fig. 10. 11. (350) Unmittelbar aus dem Schwärmer entstandene actinophrysartige Körper.

Fig. 12. (350) Der Schwärmer der Monas amyli.

Fig. 13. (350) Mehrere auf dem Stärkekorne haftende Schwärmer der M. amyli.

Fig. 14. (350) Dieselben unmittelbar vor der Verschmelzung; sie haben durch Abplattung und Ausdehnung auf dem Stärkekorne Meniskenform angenommen.

Fig. 15. (350) Die Menisken der vorigen Figur sind in eine Schicht zusammengeschmolzen, die später sich vom Stärkekorne abhebt und die Schwärmer zeugende Monaszelle bildet.

Fig. 16. (350) Drei sich berührende cilienlose Schwärmer, von denen ein jeder ein Stärkekorn in sich aufgenommen hat.

Fig. 17. (350) Dieselben haben durch Zusammenfliessen einen actinophrysartigen Körper gebildet.

Taf. XX.

Fig. 1—18. Keimung des Didymium leucopus Fr.

1. Reife Spore (0,012 Mm.).

2—4. Spore während der Keimung.

5. Der ausgetretene Sporeninhalt mit Nucleus und contractiler Vacuole (0,009 Mm.).

6—8. Die Schwärmer (0,02 Mm. lang).

9, 10, 12. Dieselben, nachdem sie die Cilie verloren haben.

11. Ein amoebenartiger Körper (Myxoamoebe), der aus dem Verschmelzen zweier Schwärmer entstand; a, eine von ihm verschlungene Spore.
13. 14. Myxoamoeben im Moment der Verschmelzung mit cilienlosen Schwärmern.
15. ma, Eine grössere Myxoamoebe von cilienlosen Schwärmern bedeckt; an einem Schwärmer ist noch die Wimper zu sehen.
16. Eine noch grössere Myxoamoebe mit vielen verschlungenen Körpern.
17. Eine Myxoamoebe, die sich schon wie ein Plasmodium verhält.
18. Ein unter dem Deckglase aus dem Verschmelzen grösserer Myxoamoeben erzogenes Plasmodium mit vielen von denselben verschlungenen fremden Körpern.

Fig. 19—35. Keimung des Physarum album Fr.
19. Reife Spore.
20. Dieselbe während des Austretens des Inhalts.
21. Der befreite Inhalt; n, Nucleus; s, Schleimklümpchen; vc, contractile Vacuolen.
22—27. Die Schwärmer.
28. 29. Die cilienlosen Schwärmer; vc, die contractilen Vacuolen.
30. Zwei sich aneinanderlegende Schwärmer, die in eine Myxoamoebe Fig. 31. verschmelzen.
32. Eine Gruppe von 3 cilienlosen Schwärmern, zwei von denselben sind in eine Myxoamoebe Fig. 33. ma, zusammengeflossen.
34. Eine kleine Myxoamoebe; vc, die contractile Vacuole.
35. Eine grössere, die sich schon wie ein Plasmodium verhält und fremde Ingesta aufgenommen hat.

Fig. 36—41. Bei längerer Cultur auftretende, vielleicht fremde Amoeben.

Fig. 42—59. Keimung und Microcysten der Licea pannorum Wallroth.
42. Die Spore und der aus ihr hervortretende Inhalt.
43. Die leere Spore.
44. Der befreite Inhalt, der sich in den Schwärmer verwandelt (0,006 bis 0,012 Mm.).
45—47. Die Schwärmer (0,029—0,026 Mm.).
48. 49. Die cilienlosen Schwärmer.
50. Eine Myxoamoebe im Moment der Aufnahme eines fremden Körpers.
51. 52. Myxoamoeben; a, verschlungene Körper.
53. Die encystirten Schwärmer (Microcysten).
54. 55. Microcyste mit zurückgetretenem Inhalte, wodurch ihre Wand sichtbar wird.
56—59. Das Ausschlüpfen des Schwärmers aus der Cyste.

Taf. XXI.

Die Figuren 1—11. beziehen sich auf Licea pannorum, 12—16. auf Didymium leucopus.

Fig. 1—4. Derbwandige Cysten.

Fig. 5. 6. Das aufgequollene encystirte Plasmodium vor dem Austreten aus der Cyste.

Fig. 7. Das Plasmodium im Moment des Austretens aus der Cyste.
Fig. 8., 10. Das zur Cystenbildung sich anschickende Plasmodium.
Fig. 9. Junge noch nicht ausgebildete Cyste.
Fig. 11. Zellenzustand.
Fig. 12. Eine eingehüllte Zelle.
Fig. 13. Eine nackte Zelle.
Fig. 14. Ein Zellenhaufen, oben mit dem Ueberreste des Plasmodiums zerstreut.
Fig. 15. 16. Die Bildung der Zellen aus dem Plasmodium.
Fig. 17. Amoeba limax Duj. (?)
Fig. 18—20. Cysten derselben.

Ueber die Veränderungen durch Pilze in abgestorbenen Pflanzenzellen.

Von

Hermann Schacht.

Schon früher habe ich Veranlassung genommen, auf das Vorkommen und die verschiedene Angriffsweise der Pilze in abgestorbenen Pflanzengeweben aufmerksam zu machen*). Dieser Gegenstand hat für mich seitdem noch an Interesse gewonnen, weil ich mich überzeugt habe, von welcher Bedeutung das Auftreten der Pilze bei den Verwesungserscheinungen des Holzes u. s. w. werden kann und wie mannigfaltig die Zerstörungserscheinungen sind, welche, wie es scheint, durch die Art des vorhandenen Pilzes bedingt werden.

Eine Literatur über dieses Thema ist mir nicht zur Hand, auch würde es langweilig erscheinen, wenn ich die älteren, längst begrabenen Ansichten, über jene Pilzfäden im Innern der Zellen, „als krankhafte Erzeugnisse der Gewebe selbst" oder „der Pilzfäden durch Generatio spontanea entstanden", wieder auftischen wollte, nachdem alle Pflanzen-Anatomen gegenwärtig darin einverstanden sind, dass diese Bildungen als ächte Pilze zu betrachten, welche von aussen her in die Gewebe der Pflanzen eindringen und in ihnen weiter wuchern. Durch die Untersuchungen über die Schmarotzerpilze, welche Pflanzenkrankheiten hervorrufen von Tulasne, de Bary, Speerschneider, Kühn u. A., ist dieser Punkt für der-

*) Die Pflanzenzelle, pag. 137. Lehrbuch der Anatomie. 1. pag. 160. Monatsbericht der Berliner Aacdemie von 1854, 10. Juli. „Ueber Pilzfäden im Innern der Zellen und der Stärkmehlkörner".

artige Pilze unzweifelhaft festgestellt und habe ich für einige andere Pilze, die man nicht wohl zu den Schmarotzern zählen kann, weil sie in älteren, bereits abgestorbenen Pflanzentheilen auftreten, dasselbe Eindringen von aussen her und das allmälige Fortschreiten des Pilzes nach innen nachgewiesen. Ebenso ist es bekannt, dass die Rothfäule und die Weissfäule des Holzes von Pilzfäden begleitet wird*) und dass der Häuserschwamm die hölzernen Bohlen morsch und mürbe macht. In welchem Zusammenhange aber das Leben der Pilze mit der Verwesung des Holzes steht, ist meines Wissens bis jetzt nicht genauer erforscht.

Das Eindringen der Pilzfäden in die nicht verholzte Wand der Parenchymzellen lässt sich am leichtesten und sichersten bei den älteren, d. h. vorjährigen Wurzeln oder Wurzelstöcken vieler einheimischen Orchideen, z. B. Neottidium nidus avis, Goodyera repens, Limodorum abortivum, Corallorhiza innata und Epipogum Gmelini, verfolgen. Unter den genannten finden sich in den älteren Nebenwurzeln von Limodorum die dicksten Pilzfäden und scheint es als ob sie hier nur die verdünnten Stellen oder Porenkanäle der unverholzten Zellwand zu ihrem Durchgang wählen. Das Loch in der Zellwand, welches durch den Pilzfaden entsteht, entspricht in seinem Umfang genau dem Durchmesser des letzteren, welcher unverschiebbar in demselben steckt. Die Pilzfäden umspinnen hier, wie bei den anderen Orchideen, eine gelbgefärbte körnige Masse, die aus einer Umwandlung von Stärkmehlkörnern entstanden ist. Anfangs an der Oberfläche dieser Masse wuchernd, verzehrt der Pilz allmälig dieselbe. Er wandert dabei von einer Zelle zur andern und dringt so allgemach von aussen her nach innen, scheint aber den centralen Gefässbündelkreis der Wurzel oder des Rhizoms nicht zu erreichen, verbleibt vielmehr im Parenchym der Rinde. Bei Epipogum scheint es ein Agaricus zu sein, dessen Myceliumfäden im feuchten vermoderten Buchenlaub den Wurzelstock dieser seltenen Orchide als weisser Filz umspinnen, und in die Rinde der älteren Theile der Rhizoms eindringen, zum wenigsten sind die gegliederten Pilzfäden ausserhalb und innerhalb des letzteren derselben Art und durch die Bil-

*) Th. Hartig. Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen, p. 134 u. 212. Obschon ich das Citat, auf eine frühere Benutzung gestützt, hier anführe, kann ich es selbst nicht vergleichen, weil mir das betreffende Buch nicht zur Hand ist.

dung einer kleinen halbkugeligen Zelle zur Seite jeder Scheidewand ausgezeichnet*). Bei Limodorum dagegen bilden sich beim Trockenwerden der älteren Nebenwurzeln auf der Oberfläche Cicinobolusfrüchte, desgleichen erscheint an der abgestorbenen Blüthe dieser Pflanzen sehr häufig ein Botrytis.

Aehnlich diesen Pilzen verhalten sich die von Gottsche zuerst bei Preissia commutata und Pellia epiphylla beobachteten, welche auch im ältern Laube anderer Marchantieen wahrscheinlich nicht fehlen werden. Auch sie wandern von einer Zelle zur andern**), schwellen bisweilen kugelig an, wahrscheinlich um Oogonien zu bilden, oder erzeugen auch eine ganze Kette noch zusammenhängender kleiner Kugeln (bei Pellia), welche an das Oidium violaceum in der nassfaulen Kartoffel erinnern, von der ich noch weiter reden werde.

Besser noch als in den genannten Fällen verfolgt man die Wanderung der Pilzfäden durch das Gewebe bei der nassen Fäule der Zuckerrübe, einer Krankheitserscheinung, welche ich im Winter 1857/58 zuerst und dann wieder im letzten Winter beobachten konnte. Bei dieser Krankheit wird der im Zellsaft aufgelöste Zucker in eine Gummiart verwandelt. Ein Pilz begleitet die Krankheit und erscheint zuerst in den Intercellulargängen, aus welchen die Luft verschwunden ist, wodurch das Gewebe der kranken Rübe nicht mehr weiss, sondern glasartig durchsichtig erscheint, er fehlt aber auch an manchen Stellen im kranken Gewebe gänzlich, und tritt in allen Fällen erst später in das Innere der Zellen. Die Intercellularsubstanz wird bei weiteren Verlauf der Krankheit mehr oder weniger aufgelöst, so dass die safterfüllten Zellen später nur noch locker mit einander verbunden sind und das Gewebe eine teigige Masse bildet***). Die Pilzfäden, welche jetzt in den Zellen leben, verzweigen sich vielfach und unregelmässig, sie sind von verschiedener Stärke, bestehen aus längeren oder kürzeren Gliedern, deren Endigungen anschwellen, sobald sie die Wand der Zelle durchbohren wollen, um in die Nachbarzelle zu gelangen. Die kugelige Anschwellung des Pilzfadens, welche

*) Meine Pflanzenzelle. Taf. VI. Fig. 13.

**) Mein Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Bd. I. Taf. III. Fig. 8. p. Pflanzenzenzelle. Taf. IV. Fig. 5. b u. c.

***) Im 12. Jahrg. der Zeitschr. des Vereins für Rübenzucker-Industrie sind meine Beobachtungen über die Fäule der Rüben ausführlicher beschrieben.

die Wand berührt, ist reichlich mit körnigen Stoffen erfüllt, welche durch Salpetersäure und Ammoniak gelb werden desgleichen Karminlösung begierig aufnehmen und festhalten, demnach stickstoffhaltiger Natur zu sein scheinen. Von dieser Anschwellung aus bildet sich darauf ein engerer Fortsatz, welcher die Wand durchbohrt und in die Nachbarzelle hinübertritt, und kann man in der Regel noch später aus der Lage der Anschwellung erkennen, von welcher Zelle aus die Wanderung des Fadens erfolgt ist (Taf. XXIII. Fig. 13. u. 14.). Die Auflösung der Zellwand durch Berührung mit dem Pilzfaden zur Bildung der Löcher kann nur durch chemischen Einfluss des ersteren erklärt werden, und ist dafür die Anhäufung der stickstoffhaltigen Substanz in der besagten Anschwellung bedeutungsvoll. Der Pilz, welcher hier im Gewebe der Rübe sich ausbreitet, ist eine Botrytisart, die auf der Schnittfläche der nassfaulen Rübe mit ihren charakteristischen Fruchtästen hervortritt und der Botrytis elegans Link nach Bonorden's Abbildung und Beschreibung entspricht*). Auf der allmälig eingetrockneten Oberfläche der Rübe erscheint ausserdem sehr häufig eine Cicinobolusfrucht, die, wie ich vermuthe, als zweite Fructificationsform zum Botrytis gehört.

Ist schon in den genannten Fällen eine chemische Action der Pilze auf die Zellwand bemerkbar geworden, so beschränkt sich dieselbe doch nur auf solche Partien, wo eine unmittelbare Berührung ihrer Fäden mit derselben stattgefunden und fand ich niemals die zarte unverholzte Wand weiter als an den Durchbohrungsstellen des Pilzes verletzt. Bei der nassen Fäule der Kartoffel dagegen, bei welcher ähnliche Pilzfäden zuerst in den Intercellularräumen wandern und später auch in die Zellen eindringen, verhält es sich zwar in Bezug auf die Zellwand nicht anders, allein unter Umständen greift hier der Pilz auch das in den Zellen enthaltene Stärkmehl direct an, indem er in dasselbe eindringt (Taf. XXIII. Fig. 11. u. 12.) und, sich dort verzweigend und Bahnen bildend, zuletzt das Stärkmehlkorn fast aufzehrt**), oder vielmehr in einen gelbbraun gefärbten Körper von der Grösse und Gestalt des ehemaligen Stärkmehlkornes verwandelt, welcher ein vielfach und unregelmässig durchlöchertes eigenthümliches Ansehen besitzt, durch

---

*) Bonorden, Allgemeine Mykologie, pag. 101. Taf. VI. Fig. 141.

**) Die Kartoffelpflanze und deren Krankheit. Berlin bei C. Wigand. p. 21. Taf. X. Eig. 8—18.



Jod nicht mehr oder nur stellenweise noch blau gefärbt wird und in concentrirter Schwefelsäure, desgleichen in rauchender Salpetersäure, sowie in kochender Kalilauge unlöslich ist und ebenso wenig durch kochenden Alkohol oder siedenden Aether verändert wird. Ich konnte mich nicht davon überzeugen, dass dieser Körper durch die zurückbleibenden Pilzfäden selbst gebildet wird, indem es mir auf keine Weise gelang, denselben in verschlungenen Fäden zu entwirren, vielmehr zerbröckelte die Masse beim Zerdrücken in unregelmässige Stückchen. Ich halte deshalb diese Körper für chemisch veränderte Ueberreste der Stärkmehlkörner, aus denen die Pilzfäden bereits verschwunden sind, wogegen letztere sich in den weniger angefressenen Stärkmehlkörnern, die noch farblos erscheinen und sich durch Jodlösung noch blau färben, leicht nachweisen lassen, und zwar am besten durch vorsichtiges Erwärmen über der Weingeistlampe, nachdem sie zuvor durch Jodlösung dunkelblau gefärbt wurden. Die Körner quellen zu grösseren blau gefärbten Blasen auf, welche nach dem Grade, der Zerstörung durch den Pilz, letztern als einzelnen nur hier und da verzweigten Faden oder als ein Gewirre solcher Fäden umschliessen.

Aber nur unter ganz bestimmten Umständen und zwar an das Auftreten einer ganz bestimmten Pilzform gebunden, erscheint in der nassfaulen Kartoffel ein directer Angriff der Pilzfäden auf die Stärkmehlkörner, während im Allgemeinen, unbeschadet der Gegenwart zahlloser Pilzfäden, die Stärkmehlkörner nur von der Oberfläche her allmälig verzehrt werden, analog der Weise, wie dies in der Setzkartoffel oder überhaupt durch den Vegetationsprozess geschieht. Nur in solchen Knollen nämlich, welche bedeutend nassfaul sind und im Innern Löcher von einem dunkel violetten Saum umgrenzt, enthalten, findet sich die als Oidium violaceum nach Harting beschriebene Pilzform, deren Fructification durch kurze, kugelige und perlschnurartig aufgereihte Glieder, die Myceliumfäden aber durch ihren violetten Inhalt charakterisirt sind und selbst die schwarzblaue Färbung der Höhle im Gewebe der nassfaulen Kartoffel bedingen*). Ueberall, wo diese Pilzform wuchert, sind die Stärkmehlkörner in der beschriebenen Weise von den Pilzfäden durchbohrt und von innen her ausgefressen. Das Oidium violaceum ist aber kein selbständiger Pilz, sondern nur die bestimmte Form eines Pilzes, der unter anderen

*) Taf. IX. Fig. 2., 8. u. 9. der Kartoffelpflanze.

Verhältnissen auch mit der Fructification des Fusisporium Solani von Martius auftritt, und von mir mit beiden Fructificationen an demselben isolirten Faden beobachtet wurde*). Ob beide mit der Peronospora infestans, welche nach Speerschneider, de Bary und Kühn auch die nasse Fäule der Kartoffelknollen veranlassen, in Beziehung stehen, wage ich nicht zu entscheiden**).

Die Fäden, sowie die sich abschnürenden Glieder des Oidium violaceum färben sich durch Schwefelsäure rosenroth und geschieht dasselbe innerhalb der Stärkmehlkörner, soweit die Bahnen des Pilzes reichen, was eine Umwandlung des Stärkestoffes in Zucker anzudeuten scheint, da Zucker und Eiweissstoff neben einander bekanntlich durch Schwefelsäure jene Färbung hervorrufen. Dagegen wollte es mir bei den seit 1855 trocken aufbewahrten vom Pilz angefressenen Stärkmehlkörnern nicht gelingen, durch Erwärmen mit der Fehlings'schen Kupferlösung eine Reduction des Kupferoxyds zu rothem Oxydul zu bewirken. Da nun das Oidium violaceum nur am Saume der im Austrocknen begriffenen Höhlungen im nassfaulen Gewebe der Kartoffel auftritt, so drängt sich mir die Vermuthung auf, dass der directe Angriff der Pilzfäden auf die Stärkmehlkörner durch das Verschwinden des Zellsafts aus dem Raume der Zelle bedingt wird, indem jene (die Stärkmehlkörner) die Feuchtigkeit länger zurückhalten und dadurch den directen Angriff des Pilzes gewissermaassen provociren. Die später trocken gewordene Höhlung der nassfaul gewesenen Kartoffel enthält ein gelbes oder braunes Pulver, das aus mehr oder weniger zerstörten Stärkmehlkörnern und Ueberresten der ehemaligen Zellwände besteht, in welchem aber ausserhalb der angefressenen Stärkmehlkörner höchst selten Ueberreste eines Pilzmyceliums gefunden werden. Die mehrzelligen, etwas gekrümmten und spindelförmigen Sporen des Fusisporium, desgleichen eine Acarus-Art und deren Eier, sowie entleerte Eischalen, fehlen dagegen nur selten.

Die genannten Pilze vermögen somit durch chemische Einwirkung sowohl den Zellstoff als auch den Stärkestoff aufzulösen, indem wahrscheinlich beide indirect oder direct in Zucker über-

---

*) Taf. X. Fig. 1. der Kartoffelpflanze.

**) Nach Speerschneider gehören Peronospora devastatrix Caspary und Fusisporium Solani Mart. als verschiedene Formen desselben Pilzes zusammen. Bot. Zeitung, 1857 pag. 123.



gehen*); dass aber die Pilze auch fähig wären, eine bereits verholzte Zellwand aufzulösen und sich in selbiger Wege zu bahnen, hatte ich nicht erwartet und ist ein solcher Fall auch, meines Wissens, bisher noch nicht mit Sicherheit beobachtet worden. Zwar ist es längst bekannt, dass auch im Innern verholzter Zellen sehr häufig Pilze auftreten; diese aber pflegen den Weg der Poren- oder Tüpfelkanäle zu wählen, die, wenn überhaupt im trockenen Holze verschlossen, nur durch ein zartes, nicht verholztes Häutchen versperrt sind. Eine solche Wanderung braun gefärbter, aus kurzen Gliedern bestehender Pilzfäden durch die Porenkanäle verholzter Zellen, findet man sehr häufig in den verholzten und dickwandigen Zellen, welche das Gefässbündel der Baumfarrn umgeben, desgleichen in den Treppengefässen dieser Pflanzen selbst, ferner nicht selten in den Holz- und Gefässzellen älterer Leguminosen, ja sogar in fossilen Hölzern dieser Art, desgleichen im Gefässbündel der Palmen u. s. w. **) Meine neueren Untersuchungen haben nunmehr gezeigt, dass diese Pilzfäden nicht so genügsam sind, als ich vermuthet hatte, und dass sie unter Umständen sich nicht auf die Zerstörung der unverholzten Theile der Zellen, in welche sie gelangt sind, beschränken, vielmehr gar häufig auch die verholzten Theile der Zellwand angreifen und diese theilweise oder vollständig zerstören. Die Auflösung der verholzten Wand geschieht auch hier wiederum durch directe Berührung mit den Pilzfäden; die Wanderung der letzteren in der Zellwand aber ist von dem Bau derselben abhängig und deshalb mehr oder weniger regelmässig. Die spaltenförmigen Poren in den Holzzellen von Hernandia sonora und in den verholzten Zellen aus dem Gefässbündel verschiedener Palmen (z. B. Caryota urens, Metroxylon Rumphii u. s. w.), welche ich in Nr. 39. der botanischen Zeitung von 1850 beschrieben habe, sind, wie ich mich jetzt überzeugt halte, keine „eigenthümliche Erscheinungen in den Verdickungsschichten" selbst, sondern durch Wucherung von Pilzfäden veranlasste Veränderungen in den Verdickungsschichten der Zellwand. Es sind Erscheinungen, die, wie ich zeigen werde, häufiger vorkommen und überall dieselbe Ursache haben.

---

*) Die Stärkmehlkörner bestehen bekanntlich aus Stärkestoff (Granulose) und einer Modification des Zellstoffes in gegenseitiger Durchdringung.

**) Botanische Zeitung 1850. Taf. VII. Fig. 18.

Am schönsten und vollständigsten verfolgte ich die Einwirkung der Pilzfäden auf die verholzten Zellen im Stamme von Dracaena Draco. Ich hatte bei meinem Aufenthalte auf Madeira und Tenerife das Holz der frischen, noch saftführenden Aeste häufig untersucht und in demselben niemals Pilze gefunden. Die sehr weiten und langen Holzzellen, welche den Hauptbestandtheil der zerstreuten Gefässbündel in dem sogenannten Holzring der Dracaenen bilden*) und das Dauercambium umschliessen, waren jederzeit unversehrt, aber mit sehr schönen grossen Tüpfeln (behöften Porenkanälen) mit schiefgestelltem spaltenförmigen Porus versehen. Ebenso verhalten sich Stücke älterer Aeste, welche, rasch in der Sonne getrocknet, noch in meinem Besitz sind. Ein Stück eines mehrjährigen Astes mit etwa halbzollbreitem Holzring dagegen, welches ich im morschen verwesenden Zustande unter dem Riesenbaum im Garten des Marques del Sauzal in der Villa de la Orotava gesammelt hatte und zufällig vor Kurzem wieder in die Hand bekam, zeigte mir zuerst die Pilze in den verholzten Zellen und deren Angriffsweise auf die letzteren, welches Verhalten ich weiter an einem etwas jüngeren Aste desselben Baumes verfolgte, den ich im frischen Zustande von dessen Eigenthümer zum Geschenk erhalten. Nach Jahresfrist war dieser Ast langsam ausgetrocknet und zugleich im Innern ausgefault, so dass nur die verholzten Theile der Gefässbündel, (die an der innern Seite des Holzrings entspringen und bogenförmig bis zur Mitte des weiten Markes vordringen, um darauf wieder den Holzring zu durchsetzen und in die Blätter hinüberzutreten), zurückgeblieben sind und der seiner Länge nach aufgeschnittene Ast ein sehr instructives Skelett für den Verlauf der Gefässbündel bei den Monocotyledonen darbietet, weil das nicht verholzte Parenchym des Markes, welches die einzelnen Gefässbündel von einander trennt, hier vollständig verschwunden ist.

In dem zuerst genannten, unter dem Riesenbaum zu Orotava sich selbst überlassen, vermoderten Aststück der Dracaena Draco fand ich zu meiner grössten Verwunderung auf zarten Querschnitten

*) Unter Holzring verstehe ich bei den Dracaenen denjenigen Theil, in welchen die Gefässbündel, die nach beendigter Verlängerung des Stammtheils entstanden sind, liegen, und durch verholztes Parenchym von einander getrennt werden; während ich als Mark den innern Theil mit den zu den Blättern austretenden Gefässbündeln und unverholztem Parenchym bezeichne.

durch das Holz die Wand der grossen und dickwandigen Holzzellen vielfach durchlöchert und das Innere der Holzzellen hier und da von Pilzfäden durchzogen, die häufig dunkelbraune, von einer starken Membran umgrenzte, eiförmige, an beiden Enden zugespitzte, Sporen abgeschnürt hatten.

Auch das verholzte Parenchym, welches die Gefässbündel von einander trennt, war von ähnlichen Pilzfäden mit derselben Sporenbildung bewohnt (Taf. XXII. Fig. 7.). Auf Längsschnitten erschien die Wand dieser Zellen durch eigenthümlich geformte verdünnte Stellen, die im gesunden Holz nicht vorkommen, und der Bahn der Pilzfäden entsprechen, bezeichnet; in den Holzzellen der Gefässbündel aber kehrten genau dieselben Erscheinungen wieder, welche ich schon 1850 für die verholzten Zellen im Gefässbündel des Stammes der Caryota urens beschrieben und abgebildet habe*).

Der andere Ast des Riesenbaums, den ich frisch erhalten, und der langsam, während Jahresfrist, ausgetrocknet und dessen nicht verholzte innere Theile durch langsame Verwesung unter Abschluss der äussern Luft verschwunden waren, zeigte in den Holzzellen der Gefässbündel des Holzringes noch grössere Zerstörungen durch denselben Pilz. Die Löcher in der verholzten Wandung dieser Zellen erschienen auf dem sehr zarten Querschnitte viel zahlreicher, sie waren dazu grösser und unregelmässiger; ja, ich fand Stellen, wo die Wand fast vollständig verschwunden war, noch häufiger aber Ueberreste derselben, die aussahen, als ob die Wand aus einem zarten Gewebe sehr kleiner Zellen gebildet wäre, indem von der ganzen, ehemals so festen und farblosen Wandung nur zarte netzartige Theile, nunmehr morsch, biegsam und gelb gefärbt, zurückgeblieben waren (Taf. XXII. Fig. 2. u. 5.). Aus diesen am stärksten zerstörten Zellen waren in der Regel die Pilzfäden selbst spurlos verschwunden, und nur hier und da, jedoch oftmals in zahlreicher Menge, die braunen Sporen, als deren Verräther, zurückgeblieben.

Die Zellen des Gefässbündels sowohl als wie auch des verholzten Parenchyms, durch Kochen mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure isolirt, zeigen die verschiedensten Stadien der Zerstörung durch den Pilz besser als die Längsschnitte. Das verholzte Parenchym, aus dünnwandigen, porösen Zellen bestehend, ist am wenigsten angegriffen, es sind nur Bahnen in dasselbe gefressen,

*) Botanische Zeitung 1850. Taf. VII. Fig. 6—13.

die, wie es scheint, oberflächlich liegen und wahrscheinlich durch unmittelbare Berührung des Pilzes mit dem betreffenden Theil der Wand entstanden sind, und deshalb verzweigte unregelmässige Formen, gewissermaassen die Eindrücke der Pilzfäden, darstellen. Neben den Holzzellen, die noch gar nicht beschädigt sind (Tafel XXII. Fig. 3.), und ausser den zahlreichen und auf allen Seiten der Zelle vorhandenen Tüpfeln mit spaltenförmigem Porus keinerlei verdünnte Stellen anderer Art zeigen, finden sich andere, die nur stellenweise verändert sind, und zwar häufig so, dass die eine Hälfte der Zelle ganz unversehrt geblieben, während in der anderen schon Angriffe des Pilzes, der alsdann meistens noch im Innern der Zelle sichtbar ist, wahrzunehmen sind. Diese ersten Einwirkungen des Pilzes sind zwar nicht immer derselben Art, in der Regel aber als feine und lange, spaltenförmige, spiralig in gleicher Richtung neben einander verlaufende Räume erkennbar, die oftmals als Verlängerungen des spaltenförmigen Porus der Tüpfel auftreten, aber auch unabhängig von letzteren neben den Tüpfeln, jedoch meistens in paralleler Richtung mit dem Spaltenporus derselben verlaufen. Hier und da zeigen sich dann erweiterte Stellen dieser Spalten, welche das Aussehen haben, als hätte ein Krystall mit rhombischer Zuschärfung in ihnen gelegen, wie solche bei Hernandia und Caryota schon früher von mir beobachtet wurden*), oder es erweitert sich die ganze spiralförmig im Innern der Verdickungsschicht entstandene Spalte zu einem bandartig aufsteigenden Hohlraum, deren mehrere in gleicher Richtung neben einander verlaufen (Taf. XXII. Fig. 4. u. 5.). Die Zahl der langen spaltenförmigen, der krystallähnlichen und der bandförmigen Hohlräume vermehrt sich darauf bei anderen Holzzellen und treten alle drei Formen neben einander in derselben Zelle und zwar in verschiedenen Verdickungsschichten auf, ohne jedoch, wie bei den verholzten Zellen im Gefässbündel der Palmen, diese Hohlräume in verschieden sich kreuzenden Richtungen aufzuweisen. Nicht selten vereinigen sich dagegen mehrere in nahebei gleicher Richtung neben einander verlaufende Hohlräume mit einander und bilden alsdann eine viel grössere, bisweilen unregelmässig gestaltete Lücke, oder es steht ein Hohlraum mit dem benachbarten durch eine anders verlaufende Spalte in Verbindung. Bei den am stärksten zerstörten Holzzellen endlich ist stellenweise die ganze

*) Botanische Zeitung 1850. Taf. VII. Fig. 3., 8., 12., 13.

Wandverdickung verschwunden und nur die zarte primäre Membran zurückgeblieben, während an anderen Orten die Hohlräume, oft von verschiedener Gestalt, dicht neben einander nur durch zarte, bisweilen netzförmig unter sich verbundene Ueberreste der Wandverdickung getrennt sind und die Zelle das Aussehen gewinnt, als ob sie aus zahlreichen spiralig gewundenen Fasern zusammengesetzt wäre (Taf. XXII. Fig. 6.). Dieses stärkste Stadium der Zerstörung, wobei die Holzzellen eine gelbliche Färbung angenommen, entspricht dem als Fig. 2. b. c. abgebildeten Querschnitte solcher Zellen der Tafel XXII.

Wenn man die durch chlorsaures Kali und Salpetersäure isolirten Holzzellen der Dracaena Draco langsam unter Jod und Schwefelsäure aufquellen lässt, so bemerkt man, dass ihre zahlreichen Verdickungsschichten mit einander in nahebei gleicher, meistens spiralig aufsteigender Richtung, jedoch bei verschiedenen Zellen von sehr verschiedener Steigung verlaufen, welche übrigens schon durch die Lage des Spaltenporus der Tüpfel angedeutet ist. Bei den vom Pilz beschädigten Holzzellen erkennt man bisweilen den letzteren noch als zarten vertrockneten Faden in der Mitte der durch ihn gebildeten Bahn, welche immer der Steigungsrichtung in den Verdickungsschichten entspricht, häufiger dagegen vermisst man denselben, wie überhaupt das Mycelium der Pilze, wenn es nicht braun gefärbt erscheint, sehr vergänglicher Natur ist. Die Haut der braunen Sporen dagegen wird selbst von der stärksten Schwefelsäure nicht aufgelöst, und bleibt bisweilen ausser ihnen, wenn die Holzzellen vollständig aufgelöst sind, eine im Lumen derselben gelegene verworrene, gelb gefärbte Masse zurück, welche feine Ausläufer entsendet und als Ueberrest des Pilzmycelium anzusprechen ist. — Die Pilzsporen in den Holzzellen der Dracaena Draco messen im Längsdurchmesser 0,0143 Mm. Es wollte mir nicht gelingen, dieselben zur Keimung zu bringen oder, durch längeres Verweilen eines durch sie stark beschädigten Holzstückchens in feuchter Atmosphäre unter der Glasglocke, einen Pilzanflug auf dem Holzstückchen zu gewinnen. Ich kann deshalb über die Art des Pilzes nichts entscheiden; seine Sporen werden im Innern der Zelle einzeln oder zu zwei bis vier zusammenhängend abgeschnürt (Taf. XXII. Fig. 7. und 8.) und bestehen je aus einer Zelle mit derber, brauner und selbst bei starker Vergrösserung, glatter Sporenhaut (Taf. XXII. Fig. 9.).

Mit den eigenthümlich geformten Hohlräumen in den ver-

holzten langgestreckten Zellen *) der Gefässbündel eines alten Stammes von Caryota urens, welche ich für eine eigenthümliche Porenart gehalten, verhält es sich nicht anders. Das mir zur Untersuchung dienende Material stammt, gleich dem Holz von Hernandia sonora, aus Schleiden's Sammlung, und ist wahrscheinlich langsam getrocknet, auch sind es vorzugsweise die Gefässbündel im Innern des Stammes, welche zu den Blättern hinübertreten und von einem Parenchym umgeben sind, in welchem hier und da noch deutliche Spuren einer ehemaligen Pilzwucherung sichtbar sind und in manchen Zellen braun gefärbte gegliederte Pilzfäden von verschiedener Stärke, desgleichen fast kugelige braun gefärbte Sporen von 0,020 Mm. Längsdurchmesser und dicker, nicht ganz glatter Sporenhaut vorkommen. Wo sich diese finden, zeigt die Wand der betreffenden Parenchymzellen, wie bei Dracaena, die directen Angriffe derselben, ausserdem aber häufig noch die Bahnen bereits verschwundener Pilzfäden in den Verdickungsschichten.

Für die Anordnung und das verschiedenartige Vorkommen der spaltenförmigen, oftmals krystallähnlichen Hohlräume in den Verdickungsschichten der dickwandigen und verholzten Bastzellen, habe ich dem früher Gesagten wenig hinzuzufügen (Botanische Zeitung 1850, pag. 700 ff.). Die Anordnung ist viel unregelmässiger und richtet sich nach der Organisation in den verschiedenen Verdickungsschichten; es treten in über einander liegenden Schichten derselben Zelle gar häufig verschiedene Richtungen auf, wie ja in den eigentlichen Bastzellen überhaupt Verdickungsschichten mit sich kreuzender Streifung sehr gewöhnlich sind. Die Aufquellungs-Erscheinungen ganz unversehrter Bastzellen von Caryota, also solcher, die noch keine Hohlräume in den Verdickungsschichten besitzen, unter Jod und Schwefelsäure, sprechen für die Mannigfaltigkeit dieser Anordnung bei verschiedenen Zellen aus demselben

*) Ob man diese Zellen als Holzzellen oder als Bastzellen bezeichnen will, wird davon abhängen, wie man die Holzzellen definirt. Ist das Vorkommen der Tüpfel, d. h. der Porenkanäle mit erweitertem Grunde, welche in Folge dessen in der Ansicht von oben um den Porenkanal noch die Zeichnung eines zweiten Kreises zeigen, Bedingung, so sind diese Zellen als Bastzellen aufzufassen, bei welchen nur einfache Porenkanäle vorkommen. Die Lage derselben als Bündel nach der Rindenseite hin berechtigt ausserdem, sie als Bastzellen anzusprechen.

Bündel, wofür ich in meiner Pflanzenzelle*) ein Beispiel mit abwechselnder Richtung in den Verdickungsschichten abgebildet habe.

Während ich damals nur in den Bastzellen mit „eigenthümlichen Porenkanälen"**) Pilzfäden wahrgenommen, habe ich jetzt, wo ich nach ihnen suchte, auch mehrfach in den Zellen mit krystallähnlichen Spalten sehr wohl erhaltene, mehr oder weniger braun gefärbte Pilzfäden, die, vielfach verzweigt, aus kurzen Gliedern bestehen, gefunden, wofür Taf. XXIII. Fig. 17. den Beweis liefern kann. In den meisten Zellen sind freilich die Pilze selbst verschwunden, was überall, wenn ihre Fäden nicht braun gefärbt sind, der Fall zu sein scheint. Die eben erwähnte Figur zeigt auch die Angriffsweise des Pilzes sehr deutlich, indem durch ihn an einzelnen Stellen der Zelle die Verdickungsschichten der Wand fast ganz verschwunden sind.

Auch die scheinbar so eigenthümlichen Porenkanäle sind, wie ich jetzt annehmen muss, gleichfalls Veränderungen durch den Angriff des Pilzes, der seine Fäden in die normal vorhandenen höchst einfachen Porenkanäle jener Bastzellen schickt (Taf. XXIII. Fig. 18.) und diese entweder einfach erweitert (a) oder, wenn er sich im Porenkanal verzweigt (b. c.), jene Bildungen hervorruft, die wie verzweigte Porenkanäle besonderer Art aussehen***) (Fig. 19.). Die „feinkörnige Beschaffenheit oder zierliche Faltung" endlich, welche ich schon früher in der innersten Verdickungsschicht solcher Zellen wahrgenommen, ist gleichfalls durch die angefressene, unregelmässig ausgehöhlte Beschaffenheit der inneren Fläche zu erklären. Sie fehlt denjenigen Zellen, die durch den Angriff des Pilzes nicht gelitten haben und einfache, ziemlich enge Porenkanäle besitzen, aber weder spaltenförmige oder krystallähnliche Hohlräume, noch verzweigte Porenkanäle in der Zellwand zeigen, sie erscheint sogar in derselben Zelle nicht überall, sondern nur da, wo die anderen Merkmale für die frühere Gegenwart der Pilzfäden vorhanden sind. — Für die ähnlichen Bastzellen von Cocos nucifera und Metroxylon Rumphii, welche nicht selten dieselben Erscheinungen zeigen, wird wohl dasselbe gelten; ich hatte nicht Gelegenheit, sie nochmals zu vergleichen.

Bei Hernandia sonora besitzen die verhältnissmässig kurzen,

*) Meine Pflanzenzelle. Taf. XIV. Fig. 5., desgleichen Taf. XIII. Fig. 5.

**) Botanische Zeitung 1850. Taf. VII. Fig. 18.

***) Desgl. Taf. VII. Fig. 17.

an beiden Enden zugespitzten Holzzellen zahlreiche, sehr feine Porenkanäle, die vorzugsweise nach der Seite des Radius auftreten und, obschon sie von oben gesehen keinen deutlichen Tüpfelhof zeigen, dennoch als Tüpfel aufzufassen sind, weil der sehr zarte Querschnitt mit entschiedener Deutlichkeit einen sehr kleinen rhombischen Tüpfelraum, und folglich offene Tüpfel zwischen zwei Holzzellen anzeigt. Nur das Holz eines älteren Stammes und auch dieses nur in den äusseren Theilen, besitzt Holzzellen mit derartigen Tüpfeln und krystallähnlichen Hohlräumen in der Zellwand; das Holz eines jungen Stammes (oder Zweiges?) hatte Holzzellen ohne die letzteren, ebenso das Holz in der Umgebung des Markes vom älteren Stamme. Die krystallähnlichen Hohlräume sind hier abermals durch einen Fadenpilz entstanden, welcher freilich in den meisten Theilen des Holzes nicht mehr zu finden ist, sich aber auch hin und wieder noch sehr deutlich zeigt und namentlich sogar in den krystallähnlichen Hohlräumen selbst als zarter verschrumpfter Faden auftritt, welcher die Mitte dieser Räume einnimmt (Taf. XXIII. Fig. 15. u. 16.). Da bei den Holzzellen der Hernandia, und, wie ich vermuthe, immer, einerlei Richtung in den Verdickungsschichten auftritt, so sind auch die Hohlräume, durch den Pilz entstanden, nur in einerlei Richtung vorhanden und die scheinbar sich kreuzenden Spalten beim Längsschnit durch die Wände der sich berührenden Holzzellen zu erklären. Die isolirten Zellen zeigen durchweg nur Spalten in einer Richtung. Sporen des Pilzes, der sich hier angesiedelt, konnte ich an dem mir zu Gebote stehenden Holzstückchen nicht auffinden.

Ganz dieselben Erscheinungen, wie am Holz von Hernandia, kehren auch bei einem Stamm- oder Aststück, also im Stammholz von Anona laevigata, wieder, welches ich vor Jahren von Karsten erhielt, während ein Wurzelstück dieser Anona, ebenfalls von demselben Geber, ferner das Stammholz der Anona squamosa, von mir auf Madeira frisch untersucht, sowie sehr gut conservirtes, durchaus pilzfreies Wurzelholz von Anona paludosa, von Krüger aus Trinidad erhalten, zwar dieselben Holzzellen mit zahlreichen kleinen Poren, sowohl auf der Seite des Radius, als der Tangente besitzt, dagegen jene krystallähnlichen Hohlräume in den Verdickungsschichten gänzlich entbehrt. Das Holz des genannten Stammstücks der Anona laevigata wird aber, da es alle Stadien des Angriffs der Pilzfäden zeigt, für unsere Frage viel

lehrreicher, als das Holz der Hernandia. Es finden sich nämlich unter den durch chlorsaures Kali und Salpetersäure isolirten Holzzellen sowohl solche, welche noch ganz unversehrt sind und auf der Wand nur zahlreiche, sehr kleine, langgestreckte und schiefgestellte, d. h. einer Spiralrichtung folgende, Poren besitzen, während andere Holzzellen nur hier und da angegriffen sind, noch andere aber nur vereinzelt, jedoch über die ganze Zelle, die Bahnen bereits verschwundener Pilze zeigen und wieder andere schon so stark vom Pilz zerfressen sind, dass stellenweise die Verdickungsschichten ganz fehlen oder nur noch ein sehr geringer Theil derselben als kleine, scharf umgrenzte Insel (Taf. XXIII. Fig. 20.) oder auch, wie bei Dracaena, als zartes Netzwerk zurückgeblieben ist. Pilzfäden finden sich in den isolirten Zellen auch hier nur verhältnissmässig selten und wo sie vorhanden sind, erscheinen dieselben braun gefärbt, bestehen aus kurzen, ziemlich starken Gliedern und sind, wie bei Caryota, unregelmässig verzweigt. Ihre Glieder haben etwa die Länge und Breite der krystallähnlichen Hohlräume in den Verdickungsschichten, und liegt die Vermuthung nahe, dass wirklich die eigenthümliche Gestalt dieser durch den Pilz entstandenen Räume mit seiner Gliederung im Zusammenhange steht. Dass sich in den Zellen des Holzparenchyms, desgleichen in den Zellen der Markstrahlen, obschon auch dort dieselben Pilzfäden vorkommen, keine Zerstörungen der Zellwand finden, mag durch den Inhalt dieser Zellen, welcher noch jetzt aus Stärkmehlkörnern und braunen Harzkugeln besteht, erklärt werden, während die Holzzellen leer sind. Das Stärkmehl in den genannten Zellen bietet dem Pilz hinreichend Nahrung, während derselbe in den leeren Holzzellen, wenn Feuchtigkeit zu seinem Gedeihen vorhanden ist, auf die Wand derselben zu seiner Ernährung angewiesen ist. Ob die Veränderungen in den Holzzellen durch den Pilz schon am lebenden Stamm vorhanden gewesen, kann ich leider nicht angeben, vermuthe indess, dass sie erst in Folge eines langsamen Austrocknens, vielleicht zur Regenzeit entstanden sind, weil das genannte Holzstück eine graubraune Farbe angenommen hat, während doch das Holz von Anona squamosa und A. muricata im frischen Zustande, desgleichen vorsichtig getrocknet, von heller Farbe erscheint*).

*) Das Wurzelholz der Anona-Arten ist bekanntlich sehr leicht und elastisch und wird deshalb wie Kork benutzt. Bei A. laevigata sind die Holzzellen im

Selbst die von Karsten bei älteren Rinden der Cinchona lancifolia in der Borke nachgewiesenen Erscheinungen der Resorption der Verdickungsschichten in den China-Bastzellen sind, meines Dafürhaltens, nichts anderes als Zerstörungen, welche ein Pilz in dem sich zur Borke umbildenden Theile der secundairen Rinde veranlasst hat. Nach einigen Präparaten, welche ich vor mehreren Jahren von Karsten erhalten, gleichen genannte Zellen vollkommen den oben besprochenen, vom Pilz angefressenen Bastzellen der Caryota; ihre Wand ist, wie hier, nach den verschiedensten Richtungen durchbohrt und bei verschiedenen Bastzellen in sehr ungleichem Grade zerfressen. Auf Längsschnitten durch die Rinde sieht man, dass zahllose Pilzfäden, soweit die Borkenbildung stattgefunden, im Parenchym der Borke wuchern. Und nur hier findet man angefressene Bastzellen, im anderen Theile der Rinde sind die letzteren unversehrt*). Auch die erst kürzlich von Sanio abgebildete „spiralig gestreifte Libriformfaser" von Avicennia (Botanische Zeitung 1863, Taf. IV. Fig. 5.), welche den von mir abgebildeten Holzzellen der Hernandia, sowie der Dracaena, sehr ähnlich sieht**), muss ich gleichfalls für eine von Pilzen zerfressene Zelle halten***).

Endlich fand ich bei einem nicht bestimmten Holz aus Trinidad, von Krüger erhalten, auch in den Gefässzellen dieselben Pilzbahnen, als krystallähnliche oder bandförmige, spiralig aufsteigende Hohlräume in den Verdickungsschichten. Das Pilzmycelium war auch hier verschwunden, doch waren an demselben Gefäss und zwar an

---

Stamme ziemlich stark verdickt, in der Wurzel dagegen sehr zartwandig und ungleich weiter. Fünf Holzzellen der Wurzel messen, um nur ein Beispiel anzuführen, als radial stehende Reihe 0,286 Mm., während fünf Holzzellen des Stammes nur 0,120 Mm. in derselben Richtung betragen. Das Holzparenchym dagegen ist in der Wurzel kaum weiter als im Stamme, die Gefässe aber sind viel sparsamer und zugleich enger als im Stamme.

*) Es ist mir unbekannt geblieben, ob Karsten ausführlicher dieser zerfressenen Bastzellen gedacht hat. (Siehe mein Lehrbuch, Bd. II. pag. 570.)

**) Botanische Zeitung 1850. Taf. VII. Fig. 2.

***) Bei dieser Gelegenheit will ich Herrn Sanio, in seinem eigenen Interesse, darauf aufmerksam machen, dass er künftighin die Citate, auf welche er sich beruft, auch wirklich lesen möge. Ich habe pag. 206 des Baumes (zweite Auflage) nicht, wie mir Sanio unterstellt, gesagt, dass die schiefstehende Scheidewand der Gefässzellen stets, sondern dass sie in der Regel leiterförmig durchbrochen sei. Die Berichtigung Sanio's ist deshalb nicht am Orte. (Siehe botanische Zeitung 1863, pag. 122.)

verschiedenen Stellen desselben mehrzellige Sporenfrüchte in hinreichender Anzahl zurückgeblieben. Letztere sind an beiden Enden zugeschärft, von dunkelbrauner Farbe und messen der Länge nach 0,043 Mm.

Bei allen bisher genannten, die Verdickungsschichten verholzter Zellen aufzehrenden Pilzen, scheint das erste Eindringen der Pilzfäden ins Innere der Zelle durch die Porenkanäle zu erfolgen. Man findet dieselben sehr häufig auf diesem Wege; der Pilz breitet sich darauf, sich verzweigend, entweder über alle Theile der von ihm occupirten Zelle aus, oder es beschränkt sich sein Wachsthum auf einen grösseren oder kleineren Theil derselben. Darnach sind die Zerstörungen durch denselben entweder allgemeiner oder örtlicher Art. Diese beschränken sich ausserdem entweder auf einen Angriff an der inneren Oberfläche der Verdickungsschichten, wenn die im Hohlraum der Zelle wuchernden Pilzfäden in directe Berührung mit denselben gekommen, welche Art der Zerstörung bis zum vollständigen Verschwinden der Verdickungsschichten fortdauern kann, oder es bahnen sich die Pilzfäden und zwar jeder durch einen Porenkanal eindringend, Wege ins Innere dieser Schichten selbst, wobei sie im Allgemeinen der Verdickungsrichtung der Zellwand folgen, weshalb bei solchen Zellen, die in den verschiedenen Verdickungsschichten nur einerlei Richtung zeigen, auch nur in derselben Richtung die Hauptwege der Pilzfäden auftreten, während in Zellen mit verschiedenartiger Richtung in den Verdickungsschichten, z. B. den Bastzellen von Caryota und Cinchona, ebenfalls Pilzbahnen von verschiedener Richtung erscheinen. Dass die Pilze der Verdickungsrichtung in den secundären Schichten der Zellwand folgen, beweist für den geringeren Widerstand, welchen ihr Vordringen in diesen, meistens nur durch die Stellung des spaltenförmigen Porus, und deutlicher beim Aufquellen der macerirten Zellen unter Jod und Schwefelsäure erkennbaren Wegen findet. Der Angriff der Pilze beschränkt sich aber nicht allein hierauf; es finden sich vielmehr in allen genannten Fällen auch vielfach höchst unregelmässige Bahnen zwischen den regelmässigen Wegen, welche oftmals die letzteren in derselben Verdickungsschicht mit einander verbinden, aber auch verschiedene Verdickungsschichten durchbohren können. Im Allgemeinen richtet sich also das Wachsthum der Pilzfäden, welche im Innern der Verdickungsschichten wuchern, nach der Ablagerungsrichtung der letzteren. Die Pilzfäden verfolgen deshalb eine Spiralrichtung im Innern der

Zellwand und verzehren von derselben so viel, als zum Raum zu ihrer Wanderung nothwendig ist; sie verzweigen sich aber auch seitlich und zwar ganz unregelmässig, ohne auf die Verdickungsrichtung Rücksicht zu nehmen. — Die Bahnen in den Verdickungsschichten sind von ungleicher Weite, wie die Verzweigungen des Pilzes von ungleicher Stärke sind; die krystallähnlichen Hohlräume aber entsprechen wahrscheinlich je einem Gliede des Pilzes, und ihre Länge und Stärke, die sehr verschieden ist, entspricht den Dimensionen des letztern. Genannte Pilze scheinen überall nur durch directe Berührung einen auflösenden chemischen Einfluss auf die verholzte Zellwand auszuüben. Wenn sie die letztere vom Lumen der Zelle aus berühren, gewinnt selbige an den Berührungsstellen ein angefressenes Aussehen, die innere Oberfläche wird uneben, wie mit kleinen Falten bedeckt, während sie im normalen Zustande glatt erscheint. Bei der Wucherung aber in den Verdickungsschichten selbst richtet sich der Grad der Zerstörung ganz nach der Menge der vorhandenen Pilzfäden, denn jedes Glied derselben arbeitet nur für sich. In der Holzzelle der Caryota findet man häufig beide Weisen der Zerstörung neben einander in derselben Zelle, häufiger jedoch die Wanderung des Pilzes in den Verdickungsschichten, und bei den Holzzellen von Hernandia und Dracaena fast ausschliesslich nur die letztere, in welchem Falle der Querschnitt Löcher im Innern der Verdickungsschichten zeigt (Tafel XXII. Fig. 1., 2. und Taf. XXIII. Fig. 15.). Bei den verholzten Parenchymzellen von Caryota und Dracaena scheint der Angriff auf die nur schwach verdickte Wandung dagegen meistens durch Berührung der innersten Verdickungsschicht mit den im Innern der Zelle vorhandenen Pilzfäden, also oberflächlich, zu erfolgen, wodurch deren Bahnen als scharfbegrenzte Vertiefungen sichtbar werden (Taf. XXIII. Fig. 17. u. 20.).

Ein bestimmter Grad von Feuchtigkeit muss zum Gedeihen der Pilze nothwendig sein; in wirklich trockenem Holz würden selbige nicht weiter wuchern können. Ist nun im Innern der Zellen selbst noch Feuchtigkeit vorhanden, so wird sich der Pilz im Innern derselben ausbreiten, und wenn es ihm hier an Nahrung gebricht, seine Wanderung in die feuchten Wände der verholzten Zellen fortsetzen, ganz so, wie das Oidium violaceum die Substanz der Stärkmehlkörner auflöst und sich im Innern derselben Bahn zu brechen versteht. Mit dem allmäligen Austrocknen des Holzes wird endlich auch der Pilz zu Grunde gehen und seine

Fäden werden allmälig verschwinden, wie dies in gleicher Weise mit dem Oidium violaceum in der nassfaulen Kartoffel bei allmäligem Austrocknen geschieht. Nur die braun gefärbten Pilzfäden verschwinden nicht, während die anderen mehr oder weniger vollständig zu Grunde gehen und oftmals in den stark beschädigten Zellen gar nicht mehr nachzuweisen sind, weshalb es sehr erklärlich ist, dass ich die Angriffe derselben, bei einem auf Caryota und Hernandia beschränkten Material, für ursprüngliche Eigenthümlichkeiten der betreffenden Zellen selbst ansah und auch bis jetzt Niemand das Richtige erkannte, obschon Karsten für die Bastzellen von Cinchona lancifolia eine Metamorphose dieser Zellen, d. h. eine spätere partielle Resorption in den Verdickungsschichten derselben erblickte. — Selbst da, wo die Pilzfäden verschwunden sind, finden sich in den Holzzellen der Dracaena sehr häufig zahlreiche Pilzsporen, deren Wandung braun gefärbt und unvergänglich ist, und wie die braun gefärbten Myceliumfäden sogar von concentrirter Schwefelsäure nicht zerstört wird. Beim Aufquellen der durch chlorsaures Kali und Salpetersäure isolirten Holzzellen und Bastzellen in Kupferoxyd-Ammoniak löst sich die Wand der Zellen vollständig und es hinterbleibt für Dracaena, selbst da, wo ausser den Sporen nichts vom Pilz mehr bemerkbar ist, sehr häufig ein körniger, braungelb gefärbter Rückstand, welcher die Sporen umgiebt und in spiraliger Richtung verlaufend, sehr feine, körnige Ausläufer entsendet, hie und da aber auch braun gefärbte Pilzfäden in gleichem Verlauf zurücklässt. Ich kann diesen Rückstand mit seinen Ausstrahlungen in die Verdickungsschichten nur für die Ueberreste verschwundener Pilzfäden halten und sehe in dem Verbleib einzelner braun gefärbter Gliederfäden einen Beweis für die Zusammengehörigkeit der letzteren mit dem verschwundenen Pilzmycelium. Der braun gefärbte, der Verwesung widerstehende Pilzfaden ist der Art nach von den farblosen, sehr vergänglichen Pilzfäden nicht verschieden, wofür auch die beschädigte Zellen der Caryota, Hernandia und Anona hinreichende Beweise liefern*).

*) Die zahllosen, sehr kleinen, rhombischen, krystallähnlichen Porenkanäle in den verholzten Bastzellen von Araucaria, deren ich pag. 412 der bot. Zeitung von 1862 gedacht habe, muss ich noch jetzt für wirkliche Porenkanäle halten, da sie auch in den Verdickungsschichten der verzweigten Zellen, in der grünen Rinde und im Mark vorkommen und dort sogar bei frisch

Die bisher erwähnten Zerstörungen der verholzten Zellwandung durch Pilze beschränkten sich auf eine partielle Resorption der Verdickungsschichten durch directe Berührung mit den Pilzfäden, dagegen wurde keine vollständige Zerstörung der Zellen beobachtet. Wenden wir uns jetzt denjenigen Wahrnehmungen durch dieselbe Ursache zu, wo eine vollständige Auflösung, ein allmäliges Verschwinden ganzer Zellen und Zellpartien im Holze stattfindet.

Die ersten Angriffsstadien einer derartigen Zerstörung des Holzes durch Pilze habe ich erst kürzlich durch die Güte meines Freundes, des Apothekers G. C. Kindt in Bremen, kennen gelernt, welcher mir ein Stück Eichenholz „von einem vor nicht langer Zeit in New-York gebauten Schiffe“ übersandte, welches aussah, als ob es wurmstichig wäre, indem es nach allen Richtungen hin durchlöchert war. Die Löcher von 1—5 Mm. Länge und meistens geringerer Höhe und Breite, bildeten keine mit einander verbundenen Gänge, sie erschienen leer oder von einem weissen Pilzhäutchen ausgekleidet, enthielten aber niemals, wie die Gänge der Insectlarven im Holz, ein aus zerfressenem Holzgewebe u. s. w. bestehendes Pulver, sogenanntes Wurmmehl. Das Holz selbst war im Uebrigen noch fest und gut erhalten. Bei mikroskopischer Untersuchung zarter Querschnitte desselben fand ich

---

untersuchten Keimpflanzen nicht fehlen, obschon keine Pilze vorhanden sind. Bei dieser Gelegenheit will ich zugleich eine kurze Bemerkung, resp. Berichtigung meiner früheren Angabe über das Holz der Araucaria, nicht zurückhalten. Bei Araucaria excelsa, für welche mir ein etwa 8jähriges Exemplar, aus einem Steckling gezogen, mit unregelmässiger Astbildung zu Gebote stand, enthält das Holz des Hauptstammes, wenn ich denselben, da er nicht aus der Endknospe des Keimes entstanden, so nennen darf, nur enge, durchweg mit einer Tüpfelreihe versehene Holzzellen, während das Wurzelholz viel weitere, meistens mit zwei, aber auch mit drei Tüpfelreihen versehene Holzzellen besitzt. Im Hauptstamm eines aus Samen gezogenen, etwa 50jährigen, noch lebenden Exemplars von Araucaria brasiliensis, im botanischen Garten zu Bonn, von welchem mir nur ein kleines Stückchen zur Verfügung stand, fand ich dagegen neben einigen Holzzellen mit einer Tüpfelreihe auch etwas weitere mit zwei Tüpfelreihen. Während im Holz der vegetativen Aeste ausschliesslich Holzzellen mit einer Tüpfelreihe aufzutreten scheinen, finden sich im Holz der weiblichen Zweige und namentlich in der Achse des Zapfens selbst wiederum weitere Zellen mit doppelter Tüpfelreihe. Das Wurzelholz der in Bonn gewachsenen A. brasiliensis hat viel engere, selten mehr als drei Tüpfelreihen führende Holzzellen, als das auf Madeira gewachsene. Jahresringe sind auch bei Araucaria excelsa nicht vorhanden.

im Innern der weiten, im Frühlingsholz liegenden Gefässe, welche häufig mit secundären Parenchymzellen (sogenannten Tillen) angefüllt waren, hier und da zahlreiche, sehr zarte und farblose Pilzfäden, deren verschlungenes Gewirre oft den ganzen Hohlraum der weiten Gefässe ausfüllte; noch häufiger waren indess die engeren, mehr gesellig, von Holzparenchym umgeben, auftretenden Gefässe mit diesem Pilzmycelium erfüllt, welches auch in den übrigen Zellenarten und namentlich in den Markstrahlenzellen und im Holzparenchym sein Wesen trieb. Selbst die sehr stark verdickten, bastähnlichen, nur mit einfachen und engen Porenkanälen versehenen Holzzellen, welche in bandartig angeordneten Gruppen im Herbstholz liegen, waren nicht verschont geblieben. Obschon sich durch das ganze, etwa 1 Cubikzoll grosse, mir zu Gebote stehende Holzstückchen Pilzfäden, jedoch in sehr verschiedener Menge, nachweisen lassen, erscheint das Holz doch im Allgemeinen noch unversehrt, und selbst an den Rändern der Löcher, aus welchen das Pilzmycelium meistens verschwunden ist, findet man in der Regel ein scheinbar noch unverändertes Holzgewebe. Bei längerem Suchen aber fehlt es auch nicht an Stellen, wo das Pilzgewebe noch im Loche selbst vorhanden ist und die Ränder des letzteren, sowohl auf dem Querschnitt, als auch auf den Längsschnitten, über die Angriffsweise des Pilzes Auskunft geben. Hier verfolgt man die allmälige Abnahme der Verdickungsschichten, welche von einer Corrosion der Wände durch die Pilzfäden begleitet ist, bis ein ganz zartes Skelett zurückbleibt, welches, wie es scheint, später erst mit dem Pilzmycelium verschwindet. Auch findet man hin und wieder die schwächeren Theile des Holzgewebes, nämlich die Zellen des Holzparenchyms, desgleichen die Zellen der breiten Markstrahlen durch Wucherung des Pilzmyceliums in ihnen gesprengt, wie solches in einem weit höheren Grade beim rothfaulen Eichenholz auftritt. In den grossen Markstrahlen, von denen vorzugsweise die Bildung der Löcher ausgeht, erblickt man auf dem radialen Längsschnitt Partien, wo durch den Pilz das Markstrahlgewebe fast vollständig verschwunden ist und nur noch hier und da ganz schwache Ueberreste eines gesprengten Netzwerkes, wahrscheinlich der zuletzt verschwindenden Intercellularsubstanz, bemerkbar sind. Die weitere Ausdehnung der Löcher beschränkt sich dann aber nicht auf den grossen Markstrahl allein, greift vielmehr auch auf dessen Umgebung hinüber und verzehrt selbst die sehr dickwandigen und festen, bastähnlichen Holzzellen ebenso voll-

ständig, als die schwächer verdickten Wände der getüpfelten Holzzellen, des Holzparenchyms und der Gefässe. In den Holzzellen und in den Markstrahlenzellen findet man zuweilen die vorhandenen Porenkanäle durch den Pilz erweitert und in grosse unregelmässige Löcher umgewandelt, noch häufiger aber erscheint die Wand der verschiedenen Zellen überhaupt ganz unregelmässig und zwar von innen her zerfressen, was bei der Menge der Pilzfäden, die hier das Lumen der Zellen ganz ausfüllen, durch directe Berührung mit den Wänden derselben, sehr begreiflich ist. Wanderungen der Pilzfäden in den Verdickungsschichten selbst gehören hier zur Seltenheit, doch kommen auch sie vereinzelt vor. Sporenbildung war nirgends bemerkbar. — Diese unseren Schiffbauern als „Feuer", den Engländern aber als „Dry-rot" bekannte Krankheit des Schiffsholzes endigt mit einer völligen Zerstörung desselben, welche das noch vorhandene Holzgewebe in eine braune, unter den Fingern zerreibliche Masse verwandelt, die auf Quer- und Längsschnitten noch die Structur des Holzes, jedoch mit braun gefärbten Zellwänden zeigt. Der Pilz ist in der Regel verschwunden, bisweilen aber auch als dichtes Geflecht braun gefärbter Fäden in den weiten Gefässzellen erhalten und widersteht alsdann dem Angriff der stärksten Schwefelsäure. Die braunen, mürben Zellen, welche in letztgenannter Säure mit Zurücklassung ihrer primären Membran löslich sind, enthalten noch Zellstoff; ihre Wand wird nach der Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, durch Jod und Schwefelsäure noch blau gefärbt.

Diesem durch Pilze zerstörten Eichenholze einer Amerikanischen Eichenart steht das rothfaule Eichenholz unserer vaterländischen Eichen sehr nahe. Die Anfänge der Pilzwucherung sind mir freilich unbekannt geblieben und weiss ich deshalb nicht, ob auch hier zuerst durch Pilzfrass Löcher entstehen, wie ich es überhaupt selbst für das Feuer des Schiffsholzes zweifelhaft lasse, ob der Anfang dieses Uebels unter allen Umständen ein Gleicher ist. Ich habe verschiedentlich rothfaules Eichenholz untersucht, wie man es in den durch äussere Beschädigung hohl gewordenen Stämmen im Walde gar häufig findet, und dasselbe in allen Fällen von Pilzen durchsetzt gefunden. — Das rothfaule Holz einer alten Eiche im Grunewald bei Berlin, deren gesunder Theil noch kräftig vegetirte, war von 1—2 Linien breiten schneeweissen Bändern, welche das dichte Mycelium eines Fadenpilzes gebildet hatte, in der Richtung der Jahresringe durchsetzt; die Holzlagen waren durch den Pilz von

einander gesprengt. Ausserdem fand sich derselbe vorzugsweise in den Gefässzellen, welche er ganz anfüllte. Dieser Pilz färbte sich durch Jodlösung hellblau; die Fäden waren sehr dünn, vielfach verzweigt und liessen keine Gliederungen erkennen*). — Rothfaules Holz aus einer alten Eiche bei Bonn, welches ich jetzt untersuchte, zeigte dieselben Erscheinungen, jedoch wurde der Pilz, welcher als dichtes Mycelium dünner, vielfach verzweigter, glänzender und scheinbar nicht gegliederter Fäden die weiten und engen Gefässe, desgleichen mehr oder weniger auch die übrigen Zellenarten des Holzes erfüllte, weder durch Jodlösung für sich, noch durch Jod- und Schwefelsäure blau gefärbt. Das Holz ist hellbraun dazu wurmstichig, mürbe und in der Hand leicht zerreiblich, es lässt sich in diesem Zustande nicht mehr schneiden, giebt aber nach dem Aufkochen in einer Gelatinlösung noch sehr schöne Quer- und Längsschnitte**). Dieselben zeigen die allgemeine Verbreitung der Pilzfäden über alle Theile des Holzes. Die Zellwände erscheinen, mit gesundem Eichenholz verglichen, dünnwandig und braun gefärbt; das Holz ist in den verschiedensten Richtungen von nur schmalen Bändern eines dichten Pilzmyceliums durchsetzt, welche namentlich von einem der weiten Gefässe in radialer Richtung zu dem andern gehen, also verschiedene Jahresringe durchbrechen und die Holzpartien auseinander treiben, was wahrscheinlich erst stattfindet, wenn das Holz durch die chemische Einwirkung des Pilzes schon verändert und mürbe geworden ist. Die grossen Markstrahlen fand ich von ihm nicht zerrissen, auch nicht, wie bei dem faulenden Schiffsholz, durchlöchert, dagegen ist das Holz auch in der Region, wo die engen Gefässe von getüpfelten

---

*) Meine Pflanzenzelle, pag. 139.

**) Das für die Untersuchung morscher, auseinander fallender Hölzer u. s. w. sehr empfehlenswerthe Verfahren, dessen ich mich häufig und mit gutem Erfolge bediene, besteht darin, dass man sich in einem Porzellanschälchen über der Weingeistlampe eine concentrirte, beim Erkalten zu einer festen Gallerte erstarrende Lösung von weissem Leim (Gelatina) bereitet, in derselben die zu untersuchenden Holzstückchen eine Minute lang kochen lässt, damit die Leimlösung das morsche Holz durchdringe, welches herausgenommen wird, um an der Luft langsam auszutrocknen. Im beinahe trockenen Zustande wird dasselbe zur Darstellung zarter Schnitte verwendet, indem auch hier die Schnittfläche vorher durch einen Wassertropfen angefeuchtet wird. Die erhaltenen Schnitte werden mit destillirtem Wasser auf der Objectplatte selbst über der Weingeistlampe erwärmt, um den Leim wieder zu lösen, und erhält man auf diese Weise, bei einiger Geduld und Uebung, vortreffliche Präparate.

Holzzellen umgeben liegen, vielfach und unregelmässig durch Wucherung des Pilzes zersprengt. Sporenbildung war nirgends vorhanden.

Das weissfaule Holz der Rosskastanie, dessen Vorkommen in alten hohlen Stämmen sehr gewöhnlich ist, unterscheidet sich zunächst durch seine weisse Farbe von den rothfaulen Hölzern, ist aber wie diese von Pilzfäden in der mannigfachsten Weise durchwachsen. Diese erscheinen in allen Theilen des Holzes, füllen die Gefässzellen und das Holzparenchym, desgleichen die Markstrahlzellen an und verzehren allmälig die Verdickungsschichten der von ihnen bewohnten Zellen, bahnen sich dann auch Wege in verschiedener Richtung durch das mürbe gewordene Holz, welches mit Wasser befeuchtet, das letztere wie ein Schwamm aufsaugt und darauf die Pilzbahnen, in weisser Zeichnung schon dem unbewaffnetem Auge, noch besser darstellt. Die mikroskopischen Schnitte des mit Gelatinlösung behandelten nassfaulen Holzes mit den entsprechenden Schnitten eines gesunden Holzes verglichen, beweisen, dass die Verdickungsschichten der verschiedenen Zellenarten fast vollständig verschwunden und ausserdem die jetzt sehr zarten Wände häufig von Pilzfäden durchbrochen nnd stellenweise ganz aufgelöst sind. Die nur sehr kleinen Poren der Holzzellen z. B., desgleichen die Poren in den Markstrahlzellen, welche bei dem gesunden Holz sehr eng sind und die verhältnissmässig stark entwickelten Verdickungsschichten durchsetzen, sind vielfach zu grossen, unregelmässigen, aber meistens runden Löchern geworden, und ist die Verdickung der Markstrahlen selbst fast ganz verschwunden. An vielen Stellen ist das Holzgewebe bis auf geringe, etwa dem Netzwerk der Intercellularsubstanz entsprechende, überall zersprengte Ueberreste aufgezehrt und die so entstandene Lücke mit einem dichten Pilzgeflechte ausgefüllt. Jede einzelne Zellenart des Holzes zeigt ausserdem in der Art und Weise wie ihre Verdickungsschichten durch den Pilz aufgelöst werden, Verschiedenheiten, welche auf zarten Quer- und Längsschnitten, die mit Kalilösung gekocht, darauf wieder mit destillirtem Wasser gehörig ausgewaschen und zuletzt mit Chlorzink-Jodlösung behandelt sind, am deutlichsten hervortreten*). Das letztgenannte Reagenz färbt nämlich die Ueberreste der Zellwände dunkelviolett, wodurch die

*) Diese Präparation muss auf dem Objectglase selbst vorgenommen und sehr vorsichtig ausgeführt werden.



Löcher und corrodirten Stellen anschaulicher werden. In den Gefässen ist das schon ursprünglich zarte Spiralband meistens erhalten, dagegen zeigt die Wand selbst nicht selten Durchbrechungen, desgleichen Veränderungen in der Gestalt der Tüpfelhöfe u. s. w. An den am stärksten beschädigten Stellen, wo die Verdickungsschichten vollständig verschwunden sind, tritt auch die violette Färbung nicht mehr ein und die Ueberreste des durch den Pilz zerstörten Holzgewebes färben sich gelb. Ein ganz zarter Quer- und Längsschnitt durch das weissfaule Holz wird stellenweise schon durch Jod- und Schwefelsäure für sich blau gefärbt, allein dasselbe geschieht auch bisweilen beim gesunden Holz, nämlich da, wo die Verdickungsschichten der Holzzellen gewissermaassen unfertig geblieben sind und ein aufgequollenes Ansehen besitzen. Die durch chlorsaures Kali und Salpetersäure isolirten Zellen, sowohl des gesunden als auch des weissfaulen Holzes werden durch Kupferoxyd-Ammoniak vollständig aufgelöst. Es scheint darnach keine wesentlich chemische Veränderung des weissfaulen Holzes eingetreten zu sein, indem noch sowohl Zellstoff als Holzstoff in gegenseitiger Durchdringung vorhanden sind und letzterer wie im gesunden Holz durch Behandlung mit Aetzkali oder durch das Schulz'sche Macerationsverfahren entfernt werden kann; aber dennoch ist das weissfaule Holz nicht allein viel leichter, sondern auch zwischen den Fingern zerreiblich geworden. Der Gewichtsverlust lässt sich freilich durch Auflösung der Verdickungsschichten, die zerreibliche Beschaffenheit aber kaum allein durch die mechanischen Zerstörungen im Holzgewebe erklären. Die Intercellularsubstanz ist auch nur theilweise an den ganz zerfressenen Partien verschwunden, sonst aber durch concentrirte Schwefelsäure, auf den sehr zarten Querschnitt angewendet, sammt der primären Zellenmembran als dunkles Netzwerk, welches der Säure länger widersteht, leicht nachzuweisen. Beim Angriff des Pilzes auf die verholzten Zellen scheint überhaupt der Holzstoff mit dem Zellstoff gleichzeitig aufgelöst und entführt zu werden. Worin sich beide verwandeln, überlasse ich dem Chemiker zur Entscheidung.

Wieder in anderer Weise zerstört der Hausschwamm, dessen Verheerung an Holzbauten bekannt ist, das Holzgewebe. Durch ihn werden die Zellwände nicht zerfressen, noch weniger vollständig aufgelöst, dagegen erleidet das ganze Holz sehr wesentliche chemische Veränderungen; es wird mürbe und zerbröckelt.

Im vorigen Sommer (1862) hatte ich Gelegenheit, den Häuser-

schwamm (Merulius lacrymans Schum., Mer: vastator Tode, Mer: destruens Pers.) und dessen Beschädigung des Holzes in grösserer Ausdehnung kennen zu lernen. Der Pilz kam sowohl als steriles Mycelium vor, welches sich über weite Strecken als netzartiges, weisses und zartes Geflecht verbreitete, als auch im fructificirenden Zustande, indem er ein mehr oder weniger hohes, weiches und feuchtes Polster, einen Zoll bis mehrere Fuss im Durchmesser, bildete. Diese Fruchtpolster lassen sich, ihrer Gestalt nach am besten mit der Reliefkarte vulkanischer Inseln vergleichen, indem sie, sich allmälig erhebend, am Rande flach verlaufen und bei grösserer Ausdehnung an mehreren Orten, bei kleineren Polstern dagegen in der Mitte derselben eine kraterförmige Erhebung bilden, die von mehreren concentrischen, erhabenen Kreisen wallartig umgeben sind und ausserdem über die ganze Fläche unregelmässige, netzartige Hervorragungen zeigen. Die Oberfläche des Fruchtpolsters ist durch die zahllose Menge der braun gefärbten Sporen kaffeebraun gefärbt, und zwar in der Mitte dunkler als am Rande. Das Polster, welches bis über 1" hoch wird, ist weich, schwammig und sehr feucht, die Oberfläche häufig von einem Schleim überzogen und deshalb klebrig oder gar schmierig. Das Holz, auf welchem solches Polster liegt, ist gleichfalls feucht und von dem Pilzsaft durchtränkt, es wird mürbe, schwindet beim Austrocknen und erscheint alsdann dunkler gefärbt und oftmals zusammengeschrumpft. Es ist zwischen den Fingern zerreiblich, aber ohne durch Pilzfrass entstandene Löcher und hat, gleich dem weissfaulen Holz, nach dem Austrocknen sehr am Gewicht verloren. Das Holz, über welchem das sterile Mycelium als netzförmiges Flechtwerk dahingestrichen, ist viel weniger beschädigt, ja oftmals, wie es scheint, noch unverändert.

Das Fruchtlager des Merulius lacrymans lässt sich im frischen Zustande, seiner weichen und dabei zähen Beschaffenheit halber, nicht für die mikroskopische Untersuchung präpariren. Wenn man dagegen ein etwa zollgrosses Stück desselben in dicke und sehr reine Gummilösung legt und mit der letzteren durchtränkt, dasselbe darauf vorsichtig auf eine Fliedermarkstange klebt und austrocknet, so erhält man mit Leichtigkeit die zartesten Durchschnitte und sieht, wie das Mycelium im unteren Theile, wo es dem Holze aufgesessen, aus meistens wagerecht, parallel mit einander verlaufenden, sehr stark verdickten, stielrunden, glänzenden, im Mittel 0,009 Mm. starken Fäden besteht, die keine Gliederung zeigen und mit an-

deren viel zarteren Zellenfäden in verschiedener Richtung durchwebt sind. An der äusseren Gränze dieser Schicht erscheinen die Zellen bisweilen schwach gelb gefärbt. Die Mitte des Mycelium besteht aus einer nur sehr lockeren, viel Luft zwischen sich enthaltenden, aus zarten, unregelmässig durcheinander gewirrten farblosen Fäden bestehenden Schicht, welche nach aussen hin allmälig dichter wird und in die Basidienschicht übergeht, welche die Aussenfläche des Pilzlagers bildet. Die Fructificationszellen stehen senkrecht und zwar pallisadenartig dicht neben einander, sie sind nur kurz und wenig breiter als die Myceliumfäden unter ihnen; sie schnüren, wie es scheint, zur Zeit nur eine Spore ab, welche hellbraun gefärbt, eiförmig, aber an beiden Seiten stumpf zugespitzt und häufig leicht sichelförmig gekrümmt ist, bald eine, bald mehrere hellglänzende Kugeln im Inhalt durchscheinen lässt, die aber auch fehlen können. Der Längsdurchmesser dieser Sporen beträgt 0,0086 Mm. Versuche, welche ich in verschiedener Weise, sowohl in feuchter Luft, als auch unter Wasser, mit ihrer Keimung angestellt, ergaben kein Resultat. Nur einmal erhielt ich auf der sorgfältig nach Hofmann's Angabe*) hergerichteten Glastafel in feuchter Luft ziemlich verzweigte, sehr kräftige, gegliederte Pilzfäden mit einer Penicilliumfructification und vermuthe deshalb eine Verunreinigung der frisch übertragenen Meruliussporen mit den Sporen dieses unvermeidlichen Schimmelpilzes.

Das von dem Häuserschwamm bedeckte Holz, im vorliegenden Falle der Fichte (Picea vulgaris Link) angehörig, zeigte, frisch untersucht, nur vereinzelt sehr zarte und farblose Pilzfäden im Innern seiner Zellen; es war, wie schon erwähnt, feucht, von dem Safte des Pilzes durchtränkt, aber ohne wahrnehmbare Verletzung der Zellen. Wo der Schwamm längere Zeit genistet und das Holz bereits ausgesogen hat, ist er selbst entweder ganz verschwunden oder als vertrocknetes, zunderartiges Mycelium noch vorhanden. Das trocken gewordene, graubraun schattirte Holz ist sichtbar zusammengeschrumpft, hat Querrisse erhalten und ist mürbe und zwischen den Fingern zerreiblich geworden. Querschnitte lassen sich aus ihm nicht mehr oder nur nach der Behandlung mit Leimlösung darstellen. Bei mikroskopischer Untersuchung erscheinen die gelbbraun gefärbten Wände der Holzzellen

*) Hofmann. Untersuchungen über die Keimung der Pilzsporen. Diese Jahrbücher Bd. II. pag. 298.

viel dünner als im gesunden Holz; die Zellen des Frühlingsholzes sind auf dem Querschnitt oft verbogen (zerknittert), als ob das Holz durch Druck gelitten hätte, was durch das Austrocknen, nachdem es lange mit der Pilzjauche durchtränkt gewesen und von derselben chemisch verändert worden, zu erklären ist. Auch die Längsschnitte zeigen zartere Wandungen und treten die Tüpfel auf dem Radialschnitt mit ihren Höfen vorzüglich schön hervor; beide Kreise erscheinen jetzt doppelt conturirt, der innerste Kreis oder der Porus hat eine dickere Wandung als der äussere. Pilzfäden sind in den Zellen nur in geringer Anzahl und an vielen Orten gar nicht vorhanden, und nirgends zeigt das Holz auch nur die geringste directe Zerstörung durch den Pilz; nirgends findet man, ausser den schon normal vorhandenen Löchern (den Tüpfeln und den kleineren Porenkanälen) in der Wand, Durchbohrungen oder verdünnte Stellen, wie solche bei den vorher besprochenen, das Holz zerstörenden Pilzen beobachtet wurden. Die Wirkung des Häuserschwammes auf das Holz ist darnach eine wesentlich von den übrigen Pilzen verschiedene und weniger durch den directen Angriff der Myceliumfäden auf dasselbe, als durch den mittelbaren Einfluss der Pilzvegetation bedingt. Das Holz wird durch dieselbe in seiner chemischen Zusammensetzung wesentlich verändert, was bei der eigentlichen Holzfäule in viel geringerem Grade und mehr örtlich der Fall ist.

Das durch den Merulius lacrymans mürbe gewordene und leicht zerbröckelnde Fichtenholz wird nämlich auf zarten Quer- und Längsschnitten durch Chlorzink-Jodlösung schon für sich braunroth gefärbt, welche Färbung nach einigen Stunden, jedoch nicht für alle Theile des Präparates, in helles Kirschroth übergeht, wobei auf dem Radiallängsschnitt die Tüpfel mit ihren Höfen besonders schön hervortreten. Behandelt man den Schnitt zuvor mit kochender Aetzkalilauge oder erhitzt man denselben mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali, so ändert dies in dem Verhalten zur Chlorzink-Jodlösung nichts; die rothe Färbung tritt in beiden Fällen in gleicher Weise hervor. Jod und Schwefelsäure bewirkt dagegen, auf einen Schnitt dieses Holzes angewendet, weder vor noch nach der Behandlung mit Aetzkali oder mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure eine blaue Färbung, oder es tritt eine solche doch nur in sehr schwachem Grade hervor. Concentrirte Schwefelsäure löst die Zellenwände des Holzes mit Hinterlassung eines braun gefärbten Netzwerkes der Intercellularsubstanz. Es ist nach obigen

Reactionen sowohl der Holzstoff, als auch der Zellstoff ganz oder doch zum grössten Theil verschwunden und dafür, wie die rothe Färbung durch Chlorzink-Jodlösung andeutet, ein dem Dextrin verwandter Stoff vorhanden. Quer- und Längsschnitte mit der Fehlings'schen Kupferlösung erwärmt, bewirken dem entsprechend eine Ausscheidung von rothem Kupferoxydul, welches in Gestalt kleiner, bei durchfallendem Licht dunkler, bei auffallendem braunrother Körner, ausgeschieden wird, desgleichen überzieht sich ein Stückchen des Holzes, in der genannten Kupferlösung erwärmt, mit rothem Kupferoxydul. Darnach ist Dextrin oder ein ihm verwandter Stoff in der Zellwand vorhanden; doch muss ich bemerken, dass Querschnitte eines frischen Fichtenholzes, ebenso behandelt, gleichfalls Kupferoxydul ausscheiden. (Das weissfaule Holz der Rosskastanie reducirt das Kupferoxyd nicht, wohl aber das rothfaule Eichenholz.) Zarte Schnitte des vom Häuserschwamm veränderten Fichtenholzes färben sich mit rauchender Salpetersäure, welche darauf durch Aetzammoniak neutralisirt wird, hochgelb; die Färbung beschränkt sich nicht auf die Intercellularsubstanz, was jedoch in ähnlicher Weise auch beim frischen Fichtenholz stattfindet. Ein vermehrter Stickstoffgehalt ist demnach in ersterem nicht angezeigt. Mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali gekocht, wird das vom Pilz veränderte Holz gelb gefärbt, die Stückchen gewinnen auf ihrer Oberfläche ein netzförmiges, eigenthümlich zerfressenes Aussehen, zerfallen aber nicht, wie beim gesunden Holz, in ihre einzelnen Zellen, lassen sich auch mit Hülfe der Nadel nicht in unversehrte Zellen zerlegen, zerbrechen vielmehr bei solchem Versuch. Dagegen lassen sich jetzt, und zwar viel besser als vorher, Längsschnitte und sogar Querschnitte darstellen, welche keine Veränderung zeigen, in concentrirter Schwefelsäure aufquellen und ein braun gefärbtes Netzwerk der Intercellularsubstanz zurücklassen. — Kupferoxyd-Ammoniak löst hier die Zellen nicht, was bei den anderen von Pilzen beschädigten Hölzern unter Aufquellen geschieht. In rauchender Salpetersäure löst sich dagegen das Holz unter lebhafter Gasentwickelung schon ohne Erwärmung fast vollständig und erstarrt die rothbraune Lösung, in kaltes Wasser gegossen, zu einer gelben, breiartigen Masse, die in kaltem Wasser schwer löslich ist und sich auf dem Filter sammeln lässt. In kochendem Wasser leichter löslich, ertheilt sie demselben eine schön gelbe Färbung und einen bitteren Geschmack. Beim Erkalten scheidet sich ein gelbes krystallinisches Pulver aus, das in Alkohol und in Aether

leicht löslich ist. Die wässrige Auflösung desselben färbt sich, mit Aetzkali versetzt, rothbraun und fällt eine Lösung thierischen Leims. Der hier gebildete Stoff entspricht nach den obigen Reactionen der Trinitrophenylsäure oder dem Welter'schen Bitter, das sich bekanntlich aus sehr verschiedenen pflanzlichen und thierischen Stoffen, namentlich aber aus den Harzen, durch Einwirkung von Salpetersäure bildet. Um nun zu erfahren, ob auch hier dessen Bildung der Gegenwart von Harz im Fichtenholz zuzuschreiben sei, kochte ich das letztere zu wiederholten Malen mit absolutem Alkohol aus und behandelte es nach dem Austrocknen mit rauchender Salpetersäure, erhielt jedoch, wie vorhin, Welter'sches Bitter, dessen Bildung also auch aus den Bestandtheilen des Holzes selbst abzuleiten ist*). Das rothfaule Eichenholz verhielt sich ähnlich, beim weissfaulen Holz der Rosskastanie dagegen erhielt ich nach dem Erwärmen mit rauchender Salpetersäure nur eine sehr geringe Quantität desselben; das Wasser trübte sich nur wenig. Ich hielt die Bildung der Trinitrophenylsäure für eine Eigenthümlichkeit des durch Pilze veränderten Holzes, überzeugte mich aber bei einem Gegenversuch mit frischem und gesunden Fichtenholz, dass auch hier dasselbe geschieht, indem sich das Holz bei längerem Erwärmen in der Säure fast vollständig auflöst und letztere, in Wasser gegossen, in reichlicher Menge Welter'sches Bitter abscheidet. (Frisches Pappelholz giebt unter gleicher Behandlung nur eine geringe Menge desselben.) Der Stoff, aus dem sich die Trinitrophenylsäure bildet, ist also kein Product des Häuserschwamms, er ist vielmehr schon ursprünglich im Holze vorhanden, wird aber, wie es scheint, vom Pilz, der den Zellstoff und den Holzstoff verzehrt, nicht gleichfalls entführt und ist wahrscheinlich nur deshalb im faulen Holz in relativ grösserer Menge vorhanden. Die unfeste zerbröckelnde Beschaffenheit des letzteren aber scheint in dem Mangel des Zellstoffs und des Holzstoffs ihre Ursache zu finden. Die Intercellularsubstanz ist in den faulenden Hölzern nicht verschwunden, ebenso sind die mineralischen Stoffe noch vorhanden und bleiben beim Verbrennen als Asche zurück, die bei dem Fichtenholz nur zum

*) Bei Behandlung des mit Alkohol ausgezogenen, nicht vollständig getrockneten Holzes erfolgte unter schwachem Knall eine Reihe leichter Detonationen, welche der Gegenwart des Alkohols zuzuschreiben sind. Dasselbe geschieht bei Anwendung von chlorsaurem Kali und Salpetersäure, wenn etwas Alkohol vorhanden ist, dessen Anwesenheit folglich mit Vorsicht zu vermeiden ist.

Theil unter Kohlensäureentwickelung in Salzsäure löslich ist (Kalk) und ein zartes, gelblich gefärbtes, den Zellwandungen entsprechendes Netzwerk hinterlässt, welches nur Kieselsäure sein kann und auch ihr entsprechend in kochender Kalilauge verschwindet. Das sterile Pilzmycelium des Merulius scheint mit rauchender Salzsäure kein Welter'sches Bitter zu bilden, zum wenigsten scheidet die braune Flüssigkeit in Wasser gegossen keine gelbe schwerlösliche Masse ab.

Die chemischen Veränderungen des Fichtenholzes durch den Merulius lacrymans unterscheiden sich also nur relativ von den Zerstörungen, welche andere Pilze bei der Holzfäule hervorrufen. In allen Fällen wird durch die letzteren sowohl Zellstoff als Holzstoff aufgelöst und verschwinden beide in geringerer oder grösserer Menge. Bei denjenigen Pilzen, welche durch die grosse Zahl ihrer vorhandenen Fäden direct auf die Zellwand durch örtliche Berührung wirken, ist nun der Verlust an beiden Stoffen eben so örtlich und findet deshalb nur eine partielle Zerstörung der Zellwände Statt, deren Höhe sich nach der Menge der Pilzfäden im Innern der Zellen und nach der Dauer ihrer Wirkung richtet. Beim Häuserschwamm dagegen, welcher zunächst durch die von ihm ausgeschiedenen wässrigen Säfte auf das Holzgewebe einwirkt, ist der Angriff ein allgemeiner, weil alle Theile des Holzes mit dem verzehrenden Pilzsaft in Berührung kommen; der Verlust an Zellstoff und Holzstoff ist deshalb auch hier ein viel bedeutenderer; dagegen fehlen die Corrosionen der Zellwand vollständig*).

Die verschiedenen Arten der Holzfäulniss finden sich am häufigsten in alten Bäumen und zwar ist die erste Veranlassung zu denselben, wie ich vermuthe, immer eine äussere Beschädigung, welche nicht vernarbt ist und durch Zutritt der Luft und namentlich der athmosphärischen Feuchtigkeit die Fäulniss hervorruft und weiter begünstigt. Verletzungen der starken Aeste oder des Stammes sind deshalb, wenn sie unbeachtet bleiben, für viele Bäume gefährlich. Die Eiche z. B. wird durch solche Veranlassung leicht rothfaul und die Rosskastanie und Linde weissfaul. Die Kopfweide, als geköpfter Steckling ausgepflanzt, trägt in der Verstümmelung ihres Hauptstammes schon den Keim zur Fäulniss des älteren Holzes und entgeht selten ihrem Geschick; ihr Stamm ist

*) Die Trockenfäule in Schiffen von Kiefernholz soll durch Merul. lacrymans, in solchen von Eichenholz durch Polyporus hybridus veranlasst werden. Bot. Zeitung, 1862. pag. 179.

in den meisten Fällen weissfaul, wozu die häufigen Verletzungen, durch Entfernung ihrer jungen Aeste als Buschholz, noch ein Weiteres beitragen.*) Selbst die Fichte, deren Holz durch seinen Harzgehalt im Allgemeinen vor Fäulniss besser geschützt ist, wird durch Wildschaden oder schlecht ausgezogene Harzscharren gar nicht selten rothfaul. Zur Fäulniss des Holzes ist vor allem Feuchtigkeit nothwendig; wenn sich kein Regen- oder Thauwasser an der verletzten Stelle sammeln kann, oder wenn die Verletzung durch Ueberwallung bald wieder vollständig geschlossen wird, so tritt auch keine Fäulniss des Holzes ein. Ich habe im Thüringer Walde alte Fichten gesehen, die über 70 Jahre lang auf Harzgewinnung benutzt worden, und 3 bis 4 sehr tiefe Harzlagden am Stamme besassen, ohne im mindesten faul zu sein, während andere, die erst seit wenig Jahren angerissen waren, faul zu werden anfingen, weil ihre Harzlagden nicht gut ausgezogen waren, so dass sich Regen- und Thauwasser in ihnen halten konnte und den ersten Grund zur Fäulniss legte. Der Anfang solcher Schäden ist zwar klein, doch vermisste ich, wo ich im Walde darnach suchte, auch die Pilze nicht, deren in der Luft verbreitete Sporen sich ja überall ansiedeln, wenn ihnen Nahrung geboten wird. Das Uebel vergrössert sich rasch und kann schon nach einigen Jahren bedeutende Zerstörungen angerichtet haben. — Im Inneren hohler Weiden findet man auf dem feuchten weissfaulen Holz oft eine Musterkarte verschiedener Pilzfructificationen. Aber auch äusserlich an Stämmen verschiedener, scheinbar ganz gesunder, Bäume, zeigen sich oft Pilzauswüchse mit Fructification, z. B. Polyporus-Arten u. s. w., in welchem Falle man mit ziemlicher Sicherheit auf eine Holzfäule im Innern des Baumes rechnen darf**), und die Vermuthung nahe liegt, dass die äusserlich mit Fructification auftretenden Pilze, auch mit dem Mycelium im faulenden Holz im Zusammenhang stehen***). Wissen wir doch be-

*) In dem feuchten und sehr mürben, weissfaulen Holz alter hohler Kopfweiden wachsen häufig vom oberen Ende des Stammes aus Wurzeln in das faule Holz, die sich von dessen Zersetzungsproducten nähren (Meine Pflanzenzellen, pag. 151.)

**) Pfeil. Das forstliche Verhalten der deutschen Waldbäume, pag. 74. und pag. 155.

***) Im Innern der Pflanzengewebe blieben die Pilze in der Regel steril, doch habe ich schon früher bei einem Schmarotzerpilz auf Orobanche ramosa, im Innern des durch den Pilz krankhaft veränderten Pflanzengewebes Cicino-

reits, dass die Rhizomorpha-Arten in der abgestorbenen Rinde und im faulenden Holz nur sterile Mycelien verschiedener Pilze sind*), ähnlich wie der Gährungspilz, nach Bail und Anderen auch keine selbstständige Pilzpflanze, vielmehr eine durch die Weise der Ernährung in gährungsfähigen Flüssigkeiten bedingte, sterile Form verschiedener Schimmelpilze darstellt. — Ebenso energisch und zwar eine bestimmte chemische Zersetzung herbeiführend, wie der Gährungspilz, wirken auch die im faulenden Holz, soweit meine Untersuchungen reichen, niemals fehlenden Pilze; ja ich behaupte, dass sie als die eigentlichen Zerstörer des Holzes durch chemische Action betrachtet werden müssen und dass, wie ohne Gährungspilze keine Gährung, auch ohne sie keine wirkliche Holzfäule denkbar ist.

Aber auch das gefällte, gut ausgetrocknete und ursprünglich gesunde Holz wird faul, wenn es der Feuchtigkeit preisgegeben, sich unter Verhältnissen befindet, welche das Austrocknen verhindern. Die Eisenbahnschwellen im feuchten Boden und das Gebälk der Häuser an solchen Orten, welche der Luft nicht exponirt sind, faulen deshalb, ebenso hölzerne Brückenpfeiler oder Eisbrecher an der Gränze des Wasserstandes, was jedoch nach der Holzart nicht im gleichen Grade stattfindet. Dagegen erhält sich das dem ungehinderten Zutritt der Luft ausgesetzte, oder das im Wasser verbleibende Holz, wenn es ursprünglich gesund gewesen, sehr lange, wofür uralte Bauten über der Erde (die alten spanischen Häuser auf den Canaren, zur Zeit der Conquista (1402) gebaut), oder vor mehreren hundert Jahren versunkene Schiffe, desgleichen im Moore versunkene Baumwurzeln**) und hölzerne Geräthe Beispiele

---

bolusfrüchte in Menge gefunden, auch erscheinen die von de Bary bei Peronospora alsine zuerst aufgefundenen Oosporen gleichfalls im Innern des Pflanzengewebes und endlich hat ausser den im Text besprochenen Fällen auch ein im Innern des Stammes von Ipomoea tuberosa wuchernder, braun gefärbter, gegliederter Fadenpilz im Innern des Gewebes ein vollständiges Sporenlager gebildet, dessen Hyphen, 0,017 Mm. lange, schmale, spindelförmige und ungefärbte Sporen abschnüren.

*) Meine Pflanzenzelle, pag. 151. — Bail. Was ist Rhizomorpha? Bot. Zeitung 1856, pag. 799. — Caspary. Bemerkungen über Rhizomorpha. Bot. Zeitung 1856, pag. 897.

**) Schübeler. Die Culturpflanzen Norwegens, pag. 58. H. Schacht und Zimmermann. Ueber die unter dem Bette der Elbe bei Hamburg aufgefundenen Baumstämme. Mittheilungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu

liefern. In welchem Grade aber und in wie kurzer Zeit gewisse Pilze ursprünglich gesundes Holz zu zerstören vermögen, dafür giebt der Häuserschwamm Zeugniss, welcher, wie alle Pilze, zu seinem Gedeihen zunächst der Feuchtigkeit bedarf und diese in grösster Menge sich anzueignen versteht und deshalb das Holz, auf dem sich sein Mycelium als dickes Polster angesiedelt hat, mit seinem Safte durchtränkt und gerade durch dies Verhalten eine schnellere und gleichartigere Zersetzung des letzteren als die anderen Pilze, welche mehr local wirken, zur Folge hat. Durch ihn wird in wenigen Jahren das stärkste Gebälk zerstört. Feuchtigtigkeit und beschränkter, aber nicht vollständig gehemmter Luftzutritt sind also die Hauptbedingungen für das Wachsthum der Pilze, die zu ihrem Leben viel Sauerstoff bedürfen und bekanntlich stark reducirend wirken.*) Oertlichkeiten, wo die Feuchtigkeit nicht wohl entweichen kann, sind deshalb durch sie, wie wir gesehen, besonders gefährdet; der Luft exponirte und also der Verdunstung zugängige Lagen dagegen vor ihrer Ansiedelung und Verbreitung gesichert. Zu unrichtiger Zeit geschlagenes Holz, das langsam austrocknet, desgleichen Baumstämme, die durch Raupenfrass oder Borkenkäfer abgestorben sind und nicht sogleich gefällt werden, vielmehr auf der Wurzel langsam austrocknen müssen, werden vorzugsweise von Pilzen heimgesucht, und liegt, meiner Vermuthung nach, auch der erste Grund zur Fäule der Schiffshölzer (Dry-rot.), desgleichen zum Auftreten des Häuserschwammes, mit in einer solchen Veranlassung. Den Zerstörungen aber wird am einfachsten durch Austrocknen Einhalt geboten, weshalb die Herstellung eines stetigen Luftzuges zur reichlichen Verdunstung an der Oberfläche des betreffenden Holzes, zu den sicher-

---

Hamburg, 1846, pag. 18. — Ein kürzlich von mir untersuchtes, aus Rinde geschnitztes Geräth, aus dem Pfahlbauten bei Zürich, war dunkelbraun gefärbt, aber sehr gut erhalten. Ebenso war ein Stück Eichenholz aus einem Hühnengrabe dunkelbraun gefärbt, jedoch fest und unversehrt. In beiden fehlen die Pilze. Selbst das Holz der Braunkohle ist oftmals noch vortrefflich erhalten; so beschreibt Hartig einen vorgeschichtlichen Cypressenstamm mit über 3000 Jahresringen, dessen innerste Holzringe noch jetzt ein festes und wenig verändertes Braunkohlenholz besitzen. Hartig, Lehrbuch für Förster, 1861, Bd. I. pag. 373.)

*) H. Schacht. Ueber die Reduction des Calomel durch Pilzfäden. Bot. Zeitung 1844, pag. 238. — Nach Traube wirkt auch die Hefe stark desoxydirend.

sten Mitteln gegen diese Pilze gehört. Für die Schiffe wird, aller Wahrscheinlichkeit nach, der Kupfer- oder Zinkbeschlag, welcher zwar vor dem Angriffe thierischer Feinde (der Bohrwürmer u. s. w.) schützt, weil er das Durchtränken des Holzes mit Meerwasser hindert, in anderer Weise nachtheilig, da kaum anzunehmen ist, dass bei dem starken Salzgehalt des Meerwassers und dem Vorwalten des Kochsalzes in ihm, eine Pilzvegetation stattfinden könnte. Tränkungen des Holzes mit Metallsalzen, als Quecksilberchlorid, Eisen- oder Kupfervitriol, holzsaures Eisenoxyd u. s. w., sind umständlich und erreichen selten ihren Zweck, weil eine vollkommene Durchtränkung des Holzes mit diesen Salzen nur schwer zu erreichen ist und in der Regel nur die oberflächlich gelegenen Schichten von der Lösung durchtränkt werden. Besser als durch die Luftpumpe soll für diesen Zweck eine Aufsaugung durch den noch lebenden Stamm erfolgen.*) Auch ein hinreichend dicker Ueberzug von Steinkohlentheer oder gut trocknender Oelfarbe wird auf das trockene Holz angewendet, vor dessen Fäulniss zu schützen. Wenn es sich aber darum handeln sollte, ein bereits von Pilzen bewohntes Holz vor dem Weiterschreiten und der mit selbigem verbundenen Zerstörung zu schützen, so möchte ein Verweilen des Holzes in Wasserdampf von 100° Cels. das sicherste Mittel abgeben, weil wir, durch Versuche von Hofmann mit zahlreichen Pilzsporen, wissen, dass selbige bei dieser Temperatur, wenn Feuchtigkeit zugegen ist, unfehlbar ihre Keimkraft verlieren, das viel zartere Mycelium der Pilze aber noch viel weniger solche Hitze ertragen kann. Am sichersten wird man sich freilich durch sorgfältige Prüfung des Holzes selbst auf seine Güte und trockene Beschaffenheit vor dessen Anwendung, dann aber auch durch ebenso sorgfältigen Schutz vor stagnirender Feuchtigkeit für solchen Schaden bewahren, der, einmal vorhanden, nur schwierig und mit grossen Kosten zu beseitigen ist.

Und nunmehr schliesse ich diese Mittheilung durch eine kurze Zusammenstellung ihrer Hauptergebnisse:

1) Ausser den eigentlichen Schmarotzerpilzen dringen noch andere, sich von Zersetzungsproducten nährende, Pilze in das Innere der absterbenden oder bereits abgestorbenen Pflanzentheile und richten in denselben mancherlei Zerstörungen an. Sie sind

*) v. Mohl in der Botanischen Zeitung, 1843, pag. 113. Mein Baum, 2te Auflage, pag. 192.

die wohl niemals fehlenden Begleiter der Fäulniss-Erscheinungen und bedürfen zu ihrem Leben vor allem Feuchtigkeit und Sauerstoff.

2) Genannte Pilze üben einen sehr entschiedenen chemischen Einfluss auf die Planzenzellen und deren Inhalt aus; sie wirken sowohl direct, als auch indirect. Durch ihre chemische Thätigkeit wird sowohl der Stärkestoff, als auch der Zellstoff und der Holzstoff aufgelöst. Aus den verholzten Zellenwänden verschwinden die beiden letzteren mit einander. Die Intercellularsubstanz dagegen scheint von den Pilzen schwieriger oder gar nicht angegriffen zu werden.

3) Durch directen Angriff der Pilzfäden entstehen Löcher oder Pilzbahnen sowohl im Stärkmehlkorn, als auch in den Verdickungsschichten der Zellenwände, desgleichen Durchbohrungen der letztern. Die spaltenförmigen krystallähnlichen Lücken in den verholzten Verdickungsschichten der Bastzellen bei Caryota und der Holzzellen von Hernandia, welche ich früher für besondere Porenkanäle gehalten, sind Zerstörungen in den Verdickungsschichten genannter Zellen durch Pilze bewirkt.

4) Indirect wirkt der Häuserschwamm auf das Holz, dessen Zellen von seinem Safte durchtränkt werden und ihren Holzstoff und Zellstoff verlieren, aber keine Corrosion ihrer Wände erleiden.

5) Die verschiedenen Formen der Fäule des Holzes sind von Pilzen begleitet, die das Holzgewebe zum Theil vollständig verzehren oder doch durch Entfernung des Holzstoffes und Zellstoffes so wesentlich verändern, dass es mürbe und brüchig wird. Die Pilze bedingen die rasche Zerstörung des faulenden Holzes.

6) Die Art des Pilzes, der solche Zerstörung bewirkt, lässt sich nicht immer bestimmen, da nicht überall eine Fructification desselben vorhanden ist, die Mycelienfäden aber bei demselben Pilz an Länge und Stärke ihrer Glieder grossen Schwankungen unterworfen sind.

7) Nur die braungefärbten Pilzfäden widerstehen lange der Verwesung, werden auch, wie die braune Sporenhaut derselben Pilze, von concentrirter Schwefelsäure wenig oder gar nicht angegriffen, die farblosen Fäden desselben Pilzes sind dagegen sehr vergänglich und oftmals im Holze nicht mehr vorhanden, obschon die Zerstörungen, welche sie angerichtet haben, desgleichen zurückgelassene Sporen, Beweise ihres früheren Daseins liefern.

Nachschrift.

Nachdem das Manuskript bereits dem Drucke übergeben war, hatte ich noch Gelegenheit, zwei Arten faulenden Holzes zu untersuchen, über welche ich, zur weiteren Bestätigung des Obigen, noch kurz berichten will.

Am Stamm einer alten Fichte am Kreuzberg zu Bonn ist etwa in Brusthöhe eine tiefe Oeffnung vorhanden, welche in das Innere des faulgewordenen Stammes führt. Das faulende, von mir aus dieser Oeffnung entnommene Holz war, obschon es seit mehreren Tagen nicht geregnet hatte, noch sehr feucht und graubraun gefärbt, also rothfaul zu nennen. Auf der Oberfläche desselben zeigten sich stellenweise, dicht nebeneinander liegend, schwarze Pünktchen, die, mit der Lupe gesehen, als flache Schüsseln hervortraten und die Conceptacula eines Pilzes darstellten. Dieselben bestanden, unter dem Mikroskop betrachtet, aus Sporenschläuchen, welche je acht, aus zwei Zellen gebildete Sporen (Doppelsporen) enthielten und aus Saftfäden (Paraphysen), deren etwas angeschwollene Endzelle an der abgerundeten Spitze eine stärker verdickte und braun gefärbte Wandung besass, durch welche die schwarzbraune Färbung der Conceptacula bedingt wurde. Die letzteren standen isolirt auf einem Lager durchsichtiger und farbloser Myceliumfäden, welche sich in die Holzzellen fortsetzen und zwischen sich kugelige, mit Chlorophyll erfüllte, den Gonidien der Flechten ähnliche Zellen in kleineren oder grösseren Anhäufungen bargen. Auch in den oberflächlich gelegenen Holzzellen erschienen die letzteren, während das weiter nach innen gelegene Holz nur farblose Myceliumfäden beherbergte. Die Doppelsporen des Pilzes, von blau- oder von braunschwarzer Farbe, messen in der Länge 0,014 bis 0,017 Mm. und muss ich den Pilz, seinem Bau und Vorkommen nach, zur Gruppe der Sphaerien rechnen, kann aber, aus Mangel der nöthigen Hülfsmittel, denselben nicht näher bestimmen. Das faulende Holz ist noch ziemlich fest, lässt sich, ohne auseinander zu fallen, schneiden, zeigt aber stellenweise, wie das im Anfang der Fäulniss begriffene und oben besprochene Eichenholz (Schiffsholz), unregelmässige Löcher, die leer sind und aus welchen das Holzgewebe vollständig verschwunden ist. Das Holz wird an der

Luft bald trocken, saugt aber mit einem Ende in Wasser getaucht, das letztere schnell wieder in sich auf. Bei mikroskopischer Untersuchung erscheint das Frühlingsholz weniger vom Pilz beschädigt als das ursprünglich viel dichtere und festere Herbstholz, in welchem die Verdickungsschichten der Holzzellen fast verschwunden sind, während das Netzwerk aus der primären Membran und der Intercellularsubstanz bestehend, hochgelb gefärbt, zurückgeblieben ist. In der Regel sind aber die Verdickungsschichten der Holzzellen nicht vollständig verzehrt, vielmehr von zahlreichen Pilzfäden durchbohrt, so dass ihr Querschnitt den abgebildeten Holzzellen von Dracaena Draco (Taf. XXII. Fig. 1.) ähnlich sieht; bisweilen ist auch nur die eine Seite der Holzzelle zerstört, die andere dagegen mehr oder weniger unbeschädigt geblieben. Auf Längsschnitten durch dies faulende Fichtenholz sieht man namentlich in den Zellen des Herbstholzes dieselben Löcher von krystallähnlicher Gestalt in den Verdickungsschichten, welche wir bei Dracaena, Caryota, Hernandia und Anona kennen gelernt haben und erblicken in ihnen häufig noch die Pilzfäden selbst, als Urheber dieser Löcher. Die mit Hülfe von chlorsaurem Kali und Salpetersäure isolirten Zellen bestätigen endlich das auf Quer- und Längsschnitten Beobachtete.

Der Stamm einer alten Buche am Venusberge bei Bonn, zeigt nahe über der Erde eine bedeutende Wunde, das Innere desselben ist faul und von weissgelber Färbung. Das weissfaule Holz war, als ich es sammelte, trocken und noch ziemlich fest, es sog mit einem Ende in Wasser getaucht, das letztere schnell in sich auf und zeigte auf dem Quer- und Längsschnitt eingesprengte Partien von gelber Färbung und grösserer Festigkeit, welche sich unter dem Mikroskop als weniger vom Pilz zerstörtes Holzgewebe herausstellten. Der zarte mikroskopische Querschnit zeigte an den festeren noch wenig beschädigten Theilen das normale Holzgewebe, jedoch im Innern der Zellen selbst zahllose, ungefärbte, sehr zarte Pilzfäden, welche vorzugsweise die meistens von secundären Parenchymzellen (Tyllen) erfüllten Gefässe als dichtes Fadengewirre erfüllten. In den Verdickungsschichten der Holzzellen waren schon kleine, runde Löcher in geringerer oder grösserer Anzahl, als Durchbohrungen durch Pilzfäden sichtbar, desgleichen zeigten Längsschnitte an den gleichen Orten, in der Wandung der verschiedenen Zellenarten, namentlich der Holz- und Gefässzellen, feine, sich unregel-

mässig durchkreuzende Bahnen der Pilzfäden in den Verdickungsschichten. An anderen, schon mehr zerstörten Partien desselben Querschnittes waren die Verdickungsschichten der betreffenden Zellen des Holzes bereits ganz oder doch zum grössten Theil und mit ihnen auch bisweilen der Pilz verschwunden und nur ein zierliches Gerüst, aus den primären Zellwänden und der Intercellularsubstanz bestehend, zurückgeblieben und endlich war auch dieses, bei fernerer Thätigkeit des Pilzes, bis auf die primäre Membran der Gefässzellen oder nur der in ihnen vorhandenen Tyllen verschwunden; diese jedoch erschienen in ihrer normalen Stellung, waren von Pilzfäden reichlich erfüllt und von einem dichten Gewirre derselben umgeben und durch letzteres an ihrer alten Stelle erhalten. Bisweilen waren noch Ueberreste der breiten Markstrahlen vorhanden, häufiger fehlten dieselben mit den übrigen Zellen bis auf die Gefässe. Längsschnitte in verschiedener Richtung bestätigten das oben Gesagte. — Die durch Salpetersäure und chlorsaures Kali isolirten Zellen verhalten sich nach dem Grade der Zerstörung durch den Pilz verschieden, bald sind nur die Verdickungsschichten in mannigfacher Weise von ihm durchlöchert, bald sind sie ganz und mit ihnen stellenweise auch die primäre Wand verschwunden. Die ursprünglich getüpfelten Gefässzellen bestehen meistens nur noch aus der zarten primären Membran, an welcher die Tüpfel oft wunderschön erhalten sind. Alle Zellenarten sind mehr oder weniger beschädigt und von den Pilzfäden durchlöchert, die letzteren selbst aber sind bei längerem Verweilen in dem Säuregemisch vollständig, bei kürzerem zum grössten Theil verschwunden (aufgelöst worden), wie solches auch für die farblosen Pilzfäden, welche im weissfaulen Kastanienholz und im rothfaulen Eichenholz u. s. w. vorkommen, Geltung hat. Das weissfaule Buchenholz ist leicht, es riecht frisch wie echter Champignon und liefert bekanntlich einen guten Zunder. Die Fructification des Pilzes fehlte. Rothfaules Buchenholz konnte ich leider nicht untersuchen.

Meine Untersuchungen über die Gegenwart der Pilze bei den Fäulniss-Erscheinungen des Holzes harmoniren mit den Beobachtungen Hofmann's (Bot. Zeitung 1860 pag. 51. und 1862 pag. 183.) und Pasteur's, welcher zuletzt der französischen Akademie in der Sitzung vom 20. April 1863, über Fäulniss-Erscheinungen und langsame Verbrennung berichtet hat. Nach ihm ist die Fäulniss von der Gegenwart der Infusorien und

Pilze abhängig. Bei Ausschluss der letzteren tritt in verschiedenen organischen Körpern: Urin, Milch, angefeuchteten Sägespänen, eiweissartigen Körpern u. s. w., auch nach längerer Zeit keine Fäulniss ein, und sie erleiden nur eine höchst geringfügige Oxydation; sobald dagegen Pilzsporen oder Infusorienkeime zugeführt werden, ist in wenig Tagen aller Sauerstoff verschwunden und durch Kohlensäure ersetzt.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind mit der Camera lucida entworfen und weiter nach dem mikroskopischen Bilde möglichst genau ausgeführt, die Vergrösserung ist neben jeder Figur als Bruchzahl angegeben.

Taf. XXII.

Fig. 1—10. Dracaena Draco.

Fig. 1. Querschnitt durch einige Zellen aus einem Gefässbündel des Holzringes, welche von Pilzen beschädigt sind. h. Holzzellen. v. p. Vasa propria. t. Tüpfelraum zwischen zwei Holzzellen. Die Löcher in den Verdickungsschichten sind durch die Pilze entstanden.

Fig. 2. Eine Partie aus einem anderen Gefässbündel im Querschnitt, dessen Holzzellen zum Theil noch viel schlimmer durch Pilze beschädigt sind, so dass von den Verdickungsschichten nur noch ein schwach gelb gefärbtes Netzwerk stehen geblieben ist (b u. c). Die Holzzelle a dagegen ist noch unversehrt.

Fig. 3. Theil einer durch Salpetersäure und chlorsaures Kali isolirten noch unversehrten Holzzelle mit zahlreichen Tüpfeln (t) deren Porus spaltenförmig ist.

Fig. 4. Theil einer engeren Holzzelle, deren Tüpfelkanäle schon durch eingedrungene und bereits wieder verschwundene Pilzfäden erweitert sind. Letztere sind der Richtung in den Verdickungsschichten gefolgt und haben als Spiralbänder verlaufende Räume in den Verdickungsschichten zurückgelassen. Bei x ist noch ein Stück eines Pilzfadens sichtbar.

Fig. 5. Theil einer von Pilzen noch mehr beschädigten weiteren Holzzelle, aus der die Pilzfäden verschwunden sind, aber braun gefärbte Sporen zurückgelassen haben.

Fig. 6. Theil einer Holzzelle, die durch Pilze noch stärker beschädigt ist und von deren Verdickungsschichten nur noch ein zartes, gelbgefärbtes, in der Regel aus 2 oder 3 übereinander liegenden Schichten bestehendes Netzwerk zurückgeblieben ist (vgl. Fig. 2. b u. c). Im Innern der angeschnittenen Zelle erblickt man noch Pilzfäden. y. Parenchymzelle. (Aus einem sehr zarten Längsschnitte durch den Holzring).

Fig. 7 Parenchymzellen aus einem Querschnitt durch den Holzring. Die Verdickungsschichten der Zellen von engen und von weiten Porenkanälen durchbrochen, durch welche hier und da Pilzfäden eingedrungen sind, auch an zwei Stellen Sporen abschnüren.

Fig. 8. Sich abschnürende Sporen.

Fig. 9. Reife, immer einzellige Sporen mit dicker, braun gefärbter und glatter Oberhaut.

Fig. 10. Ein kleines Stück der primären Membran einer Holzzelle, welche mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure isolirt, darauf mit concentrirter Schwefelsäure behandelt wurde und erstere als zartes Häutchen zurückliess, in welchem der erweiterte Theil des Tüpfelkanals, von oben gesehen als Kreis, von der Seite aber als Halbkreis sichtbar ist, wobei der den Tüpfel verschliessende Theil der primären Membran dickwandiger als an den anderen Stellen und mit doppelter Contur erscheint*). (Wo sich zwei Holzzellen berühren, sind die Tüpfel bei Dracaena offen.)

Taf. XXIII.

Fig. 11. u. 12. Solanum tuberosum.

Fig. 11. u. 12. Zwei Stärkmehlkörner aus der nassfaulen Kartoffel, welche durch die Fäden des Oidium violaceum angefressen sind. Bei Fig. 11. ist ein Pilzfaden erst kürzlich eingedrungen, bei Fig. 12. dagegen schon eine grössere Zerstörung sichtbar.

Fig. 13. u. 14. Beta vulgaris.

Fig. 13. Einige Parenchymzellen aus der nassfaulen Zuckerrübe, welche in ihrem Innern Pilzfäden enthalten, mit der Nadel vorsichtig isolirt. Bei a ist ein Pilzfaden im Begriff durch die Zellwand in die Nachbarzelle einzutreten.

Fig. 14. Die Weise der Durchbohrung der Zellwand durch einen Pilzfaden.

Fig. 15. u. 16. Hernandia sonora.

Fig. 15. Einige Zellen aus dem sehr zarten Querschnitt des Holzes. a b c Holzzellen mit Löchern in den Verdickungsschichten, die durch Pilzfäden entstanden sind.

Fig. 16. Theil einer Holzzelle aus einem radialen Längsschnitt durch dasselbe Holz. Pilzfäden dringen hier und da durch die Zellwand (x u. y), andere verlaufen in den Verdickungsschichten und bilden Lücken, welche wie Krystalle aussehen. t die sehr kleinen offenen Tüpfel. (Man sieht die obere und die untere Wand der Zelle.

Fig. 17—19. Caryota urens.

Fig. 17. Theil einer durch chlorsaures Kali und Salpetersäure isolirten Bastzelle aus dem Gefässbündel eines starken Stammes. Kurz gegliederte, zum Theil noch farblose, zum Theil hellbraun gefärbte, vielfach verzweigte Pilzfäden

*) Das obige Präparat ist ein neuer Beweis für die Richtigkeit meiner Angaben über die Entstehung des Tüpfelraums. (H. Schacht, De maculis, 1860.)

wuchern im Innern derselben und haben durch directe Berührung die Verdickungsschichten ganz oder theilweise aufgelöst.

Fig. 18. Theil einer anderen Bastzelle, wo Pilzfäden in die Porenkanäle eingedrungen sind und dieselben einfach (a) erweitert haben, oder, wenn sie sich im Porenkanal verzweigen (b u. c) zu einer Gestalt der letzteren, wie sie Fig. 19. darstellt, Veranlassung geben (p. Porenkanäle).

Fig. 19. Ein Porenkanal, welcher durch einen Pilzfaden, der sich in ihm nach zwei Seiten verzweigte, eine eigenthümliche Gestalt erhalten hat.

Fig. 20. **Anona laevigata.**

Fig. 20. Eine durch chlorsaures Kali und Salpetersäure isolirte Holzzelle aus dem Stamm, deren Verdickungsschichten durch Pilze, welche aus dieser Zelle bereits verschwunden sind, so sehr zerfressen worden, dass stellenweise nur kleine, scharf umgrenzte Stücke derselben als Inseln auf der primären Membran stehen geblieben sind. (Man sieht beide Wände der Zelle, die untere aber nur durchscheinen.)

Bonn, im April 1863.

Zur Morphologie der Salvinia natans.

Von

N. Pringsheim.

Der vorliegende Aufsatz soll nicht eine vollständige Entwickelungsgeschichte der Salvinia geben. Er bezweckt nur, einige in der Kenntniss dieser vielfach untersuchten Pflanze noch vorhandene Lücken auszufüllen und meine Auffassung ihres Wachsthums und ihrer Embryonalanlage, deren weitere Beziehungen ich bereits an anderer Stelle*) hervorgehoben habe, ausführlicher, als es dort möglich war, darzulegen und zu begründen.

Er zerfällt in zwei Abschnitte. Der erste behandelt das Wachsthum der Sprosse und die Blattstellung; im Besonderen die Bildung des Vegetationskegels und den Ursprung der Blätter.

Der zweite bespricht den Bau und die Bildung der Geschlechtsorgane, namentlich die Entstehung der Samenfadenzellen und des Archegonium-Canals, sowie ferner die Entwickelung der Embryonalanlage, mit besonderer Rücksicht auf die Entstehung des Vegetationskegels und der ersten Seitenorgane des Embryo.

I. Die älteren Schriftsteller, welche über die Salvinia geschrieben haben, gingen bei der Darstellung des Wachsthums und bei der Beschreibung der Organe dieser Pflanze von der nicht näher begründeten, sondern stillschweigend als selbstverständlich angenommenen Anschauung aus, dass die Pflanze einen sich hier und da verzweigenden, horizontal auf dem Wasser niederliegenden

*) Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissensch. zu Berlin, 1863. Sitzung vom 16. April.

Stengel besitze, der an seiner oberen Seite Blätter, an seiner unteren Seite Wurzeln, und zwischen diesen die Früchte trage.

Um diese damals herrschende Vorstellung genauer wiederzugeben, wird es genügen, einige Stellen aus den Werken von Bischoff anzuführen, dessen Monographien der kryptogamischen Gewächse bekanntlich ein Vierteljahrhundert hindurch die Hauptquelle für die organologische Kenntniss der höheren Cryptogamen waren, und noch jenem älteren Zeitraume angehören, in welchem die vergleichende Betrachtung der fertigen Zustände die alleinige Grundlage morphologischer Deutung der Organe bildete.

In dem der Naturgeschichte der Salvinia besonders gewidmeten Aufsatze*) sagt er: „Die Salvinia hat einen ästigen, runden „Stengel..... Auf der oberen Seite ist er seiner ganzen Länge nach „mit zweizeiligen, gegenständigen Blättern besetzt..... Aus der „unteren Seite entspringt unter jedem Blätterpaare ein dichter „Büschel von 3—4 Zoll langen, fadenförmigen, schwimmenden Wurzel„zasern.... Unter den Blättern und zwischen den Wurzelzasern „sitzen die kugeligen Früchte“.

Dieselbe Darstellung findet sich fast mit denselben Worten in seiner späteren Monographie der Rhizocarpeen**) wieder.

In ähnlicher Weise fasst Schleiden den Bau dieser Pflanze auf, und fügt eine genauere Bezeichnung der Stellung und des Ursprungs der Früchte hinzu, indem er angiebt***): „es entspringt „(bei Salvinia) an der Basis des Blattstiels ein kleiner ins Wasser „hängender Ast, an welchem sich ährenförmig gestellt eine Menge „kleiner Früchte ausbilden“. Aus diesem abwärts ins Wasser gesenkten Fruchtzweige soll dann das Wurzelbüschel hervortreten.

Von dieser Auffassung weicht wesentlich zuerst Mettenius ab. Er nimmt an†), „dass der Stiel der Receptacula (Fruchtast „nach Schleiden) das Ende des Stengels ist; dass jedes Interno„dium zwischen zwei Blattpaaren als ein Ast des vorhergehenden „zu betrachten sei, und dass jeder Ast in dem Stiel der Receptacula „endige“, während „ein neuer Seitenast zwischen den beiden Blät-

*) Zur Naturgeschichte der Salvinia natans Nova Acta A. C. L. N. C. Vol. XIV. P. I. pag. 48 u. 49.

**) Die kryptogamischen Gewächse. Nürnberg 1828. Die Rhizocarpen und Lycopodien, Seite 66, 68, 93, 94 und 95.

***) Grundzüge der wissensch. Botanik. 2te Auflage, Theil II. Seite 104 u. 106. Fig. 132.

†) Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen Frankfurt a. M. 1846. S. 44 ff.

„tern des vorhergehenden entspringt" und so den scheinbaren Hauptstengel fortsetzt. Die von den älteren Botanikern für Wurzelzasern erklärten Bildungen hält er für sterile Zweige der ins Wasser herabhängenden und in die Früchte endigenden Spitze der Aeste.

Zu dieser Ansicht bestimmt ihn das Wachsthum der sogenannten Wurzelzasern, deren Zellbildung, wie Mettenius zuerst erkannt hat, in der Endzelle fortschreitet; „so dass also die Wur„zelzasern sich wie eine Axe entwickeln". Ferner der Umstand. dass man ausnahmsweise an der Spitze einzelner Wurzelzasern Receptacula antrifft, „ein Beweiss, dass die Wurzelzasern als „Zweige der Hauptaxe zu betrachten sind" *).

Ganz verschieden hiervon ist dagegen wieder die Anschauung von Nägeli, welcher entsprechend seiner allgemeinen Ansicht über den Bau der Farrnkräuter auch bei Salvinia die Unterscheidung von Blatt und Axe nicht gelten, sondern die einzelnen Wedel durch Sprossung unmittelbar auseinander hervortreten lässt.

Hiernach soll jeder Wedel an seiner Basis den neuen Wedel unmittelbar erzeugen, „von einem Stamme, der die Blätter trägt", also von einer Vegetationsspitze, unterhalb welcher sie angelegt werden, soll „nichts zu sehen sein". Die Blattstellung der Salvinia, wonach an dem „scheinbaren Stengel die scheinbaren Blätter „gegenüberstehen", soll daraus zu erklären sein, „dass oft der „zweite Wedel sehr kurz gestielt ist". Die Verästelung des scheinbaren Stengels der entwickelten Pflanze entsteht ferner nach ihm auch bei Salvinia dadurch, „dass an einem Wedel sich nicht blos „ein, sondern zwei neue Wedel bilden" **).

Hofmeister endlich, der Letzte, dessen Ansichten hier eine Erörterung verlangen, und der, obgleich er selbst früher die Farrnwedel nicht für Blätter gehalten wissen wollte, dennoch dieser mit den Thatsachen nicht übereinstimmenden Anschauung von Nägeli durch den Nachweis der Vegetationsspitze an Farrnkräutern, Equisetum, Pilularia u. s. w. entgegengetreten war, stimmt in Bezug auf den Bau von Salvinia im Wesentlichen mit Mettenius überein. Er nimmt gleichfalls an***), dass die Wurzelzasern der älteren

*) a. a. O. S. 50 u. 53.; ferner Beiträge zur Botanik von G. Mettenius. Heidelberg 1850. Seite 15. Anmerkung.

**) Zeitschrift für wissensch. Botanik. Heft 3 u. 4. Seite 293ff.; namentlich Seite 304 — 7.

***) Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung

Botaniker Zweige sind; auch die Bildung des Stammes scheint er, sofern man seine bestimmten Angaben über die Bildung der ersten Axen der keimenden Pflanze auf die Bildung der späteren ausdehnen darf, aus einer fortgesetzten Verzweigung hervorgehen zu lassen; nur führt er diese, wenigstens bei Bildung der ersten Axen, abweichend von Mettenius auf eine Gabelung der noch blattlosen Spitze zurück. Seine Ansicht scheint demnach die zu sein, dass der Stamm sich an seiner Spitze jedesmal nach Anlage eines Blattpaares gabelt, dass der eine Gabelast zum ins Wasser herabhängenden Fruchtast wird, dessen fernere Gabelungen die sogenannten Wurzelzasern bilden, während der andere den horizontalen, schwimmenden Stengel fortsetzt, sich nach Anlage eines neuen Blattpaares wieder gabelt, und dass derselbe Vorgang sich fortwährend von Neuem wiederholt.

Diese verschiedenen, aber in der Natur nicht begründeten Vorstellungen, sind dem Umstande zuzuschreiben, dass man es versäumt hat, sich eine genaue Kenntniss der Vorgänge an der Vegetationsspitze der Salvinia, zu verschaffen, eine Kenntniss, die bei allen Pflanzen mit deutlichem Vegetationskegel den Ausgangspunct jeder morphologischen Deutung der Theile bilden muss, und den aus der Analogie fertiger Zustände gezogenen Schlüssen erst die nöthige Sicherheit und die natürliche Richtung giebt. —

Hofmeister aber, dessen gründliche Untersuchungen der Gefässcryptogamen auch auf diesen Punct gerichtet waren, hat sich bei Salvinia durch eine Verwechselung der ersten Blattanlagen, die er für die Anlagen der sogenannten Wurzelzasern hielt, täuschen lassen, wie dies aus der folgenden Darstellung genauer hervorgehen wird. —

Die Zerlegung des Endes wachsender Sprosse von Salvinia zeigt nämlich, dass diese Pflanze ebenso, wie andere Gefässcryptogamen, einen deutlichen, und zwar sehr entwickelten und ununterbrochen fortwachsenden Vegetationskegel (XXIV, 1—5., XXV, 7) besitzt, welcher die Ursprungsstelle der jüngsten Blattanlagen weit überragt, und sich weder in die Receptacula umwandelt, noch sich gabelt.

An seinem Umfange mehrere Zelllagen unterhalb seiner Spitze (XXIV, 1—5) werden die Blätter in ununterbrochener Reihenfolge

der höheren Cryptogamen. Leipzig 1851. Seite 110.; ferner: Beiträge zur Kenntniss der Gefäss-Cryptogamen. Leipzig 1852. Seite 669.



angelegt, und zwar treten auf gleicher Höhe immer drei Anlagen zu Seitenorganen (L_1, L_2, W) aus dem Gewebe des Vegetationskegels hervor.

Der Stengel dieser Pflanze bildet daher — abgesehen von seinen wahren Verzweigungen, von welchen später die Rede sein soll — eine einzige aus zahlreichen Internodien bestehende Hauptaxe, welche an ihren aufeinanderfolgenden Knoten dreigliedrige Quirle von Seitenorganen trägt.

Es darf nun zum leichteren Verständniss des Nachfolgenden hier gleich vorweg bemerkt werden, dass von diesen drei ursprünglichen Anlagen eines jeden Quirls (L_1, L_2, W, XXIV, 1, 4, 5) zweie (L_1 und L_2) zu den beiden Blättern — Luftblättern — werden, welche jeder Knoten der Salvinia an seiner Oberseite trägt, während die dritte, gleich hohe Anlage zu dem aus der Unterseite eines jeden Knotens ins Wasser herabhängenden Organe sich ausbildet, welches, wie ich im Eingange bemerkt habe, von den früheren Schriftstellern in seiner Gesammtheit bald als Wurzelbüschel (Bischoff u. A.), bald als Fruchtast (Schleiden), oder metamorphosirte Zweigspitze (Mettenius) gedeutet wurde, welches ich aber im Gegensatze zu den Luftblättern als Wasserblatt bezeichnen werde. —

Ein gründlicher Nachweis des morphologischen Werthes jedes dieser drei Quirlglieder verlangt ein Zurückführen ihrer Entwickelung bis auf die frühesten Zustände am Vegetationskegel. Da aber ihre ursprünglichsten Anlagen (XXIV, 1, 4 der jüngste Quirl, 2, 3) sich kaum anders, als durch den Ort ihrer Entstehung am Vegetationskegel unterscheiden, so kommt zunächst Alles darauf an, einen festen Punct für die Bestimmung der relativen Lage dieser drei Anlagen am Stengel-Umfange zu gewinnen. Diesen bietet nun die Form der Scheitelzelle, oder genauer die Richtung ihrer Theilungswände dar.

Ferner lassen sich auch gewisse Beziehungen zwischen der Entwickelungsfolge der 3 Quirlglieder und dem wiederum von jenen Theilungsrichtungen in der Scheitelzelle abhängigen, verschiedenen Alter der Seiten jedes Stengelknotens nachweisen.

Alles dies verlangt nun ein ausführliches Eingehen auf die Bildungsgeschichte des Gewebes der Vegetationsspitze. Ich muss diese daher hier wenigstens bis an die Ursprungsstelle der jüngsten Blattanlagen verfolgen. —

Auch der Vegetationskegel der Salvinia wird — wie dies ja

von dem der Moose schon lange durch Nägeli, von dem der anderen Gefässcryptogamen durch Hofmeister bekannt ist — durch die auf einander folgenden Theilungen einer einzigen, keilförmig nach unten zugespitzten Zelle, die seinen Scheitel einnimmt (XXIV, 1, 3, 4) — jener oben genannten bei Salvinia sehr grossen und deutlichen Scheitelzelle — fortwährend erhöht.

Diese Scheitelzelle (XXV, 1, 2, 3) ist aber bei Salvinia nach unten nur zweiflächig zugespitzt, indem sie sich andauernd durch Scheidewände theilt, welche nach nur zwei Richtungen des Raums in der Lage der Figuren 1—3, Tafel XXV, nach rechts und links geneigt sind.

Die hiernach abwechselnd parallelen und ebenen Scheidewände schneiden die Axe des Vegetationskegels (xx in XXV, 1—3) unter einem spitzen Winkel, der etwas grösser als 45° ist, sich selbst also unter einem doppelt so grossen, stumpfen Winkel, aber in einer Linie, die nicht in der Axe, sondern abwechselnd rechts und links von dieser liegt.

In der Figur 1, Tafel XXV, ist der Vegetationskegel so gelegt, dass man die nach beiden Richtungen geneigten, abwechselnd parallelen Wände, ac, bce, def, gfh, durch welche die Scheitelzelle sich nacheinander getheilt hat, sieht. Eine zweite dieser völlig gleiche Ansicht bietet der Vegetationskegel dar, wenn man ihn 180° um seine Axe aus der Lage dieser Figur dreht. Ich will diese beiden Ansichten die Front-Ansichten des Vegetationskegels nennen.

Wird dieser aber nur 90° um seine Axe gedreht, so sieht man jetzt nur noch die nach einer Richtung, je nach der Drehung die nach rechts oder links, geneigten Scheidewände, als etwas gebogene Linien über die Peripherie des Vegetationskegels verlaufen. Diese Ansicht (XXV, 6) will ich die Seitenansicht des Vegetationskegels nennen. —

Es ist klar, dass, wie die beiden Front-Ansichten, so auch die beiden Seiten-Ansichten wesentlich mit einander übereinstimmen. —

Sucht man nun die verschiedenen Seiten des Vegetationskegels auf die ihnen entsprechenden Stengelseiten der erwachsenen Pflanze zu beziehen, so ergiebt sich Folgendes.

Man kann an dem schwimmenden Stengel der Salvinia die der Luft zugekehrte Oberseite als die Rückenfläche, die ihr abgekehrte als die Bauchfläche bezeichnen, und mit Bezug auf

die Richtung des Wachsthums die beiden Seitenflächen des Stengels dann als rechte und linke unterscheiden.

Wenn man sich nun die fortwachsende Stengelspitze der Pflanze, welche bekanntlich fast senkrecht im Wasser herabhängt, in horizontaler Fortsetzung des Stengels auf dem Wasser schwimmend denkt, so erhält ihr Vegetationskegel die Lage der Figur 1, Tafel XXV. Es entsprechen daher die beiden Front-Ansichten des Vegetationskegels der Rücken- und Bauchfläche des Stengels, sowie dessen rechte und linke Seite den beiden Ansichten, die ich schon als Seitenansichten des Vegetationskegels bezeichnet habe. —

Nach dieser Orientirung wird es dann möglich, die Seitenorgane der entwickelten Pflanze, vorausgesetzt, dass ihr Stellungsverhältniss bekannt ist und bereits in den frühesten Entwickelungszuständen hervortritt, schon in ihren ersten Anlagen am Vegetationskegel wiederzuerkennen, und deren Lage zu den Theilungswänden der Scheitelzelle zu bestimmen.

Um nun einige feste Richtungen zu gewinnen, auf welche die Lage der Theile am Vegetationskegel sich leichter beziehen lässt, denke ich mir durch die Axe des Vegetationskegels (xx in XXV, 1—3) eine Ebene gelegt, welche den Winkel, den die aufeinanderfolgenden Scheidewände der Scheitelzelle mit einander bilden, halbirt.

Diese Ebene will ich die Mittelebene nennen; sie theilt den ganzen Vegetationskegel genau in zwei gleiche Hälften, eine rechte und eine linke, und schneidet seine Rücken- und Bauchfläche in einer Linie, welche diese beide Flächen halbirt, und die ich als ihre Mittellinie bezeichnen werde.

Unter Querschnitt des Vegetationskegels verstehe ich dann immer einen gegen die Axe senkrechten Schnitt, und unter Längsschnitt einen solchen, der durch die Axe, also senkrecht gegen den Querschnitt, geführt, und zugleich senkrecht gegen die Mittelebene ist. Da man gewöhnt ist, oben und unten am Vegetationskegel nach der Lage der Theile zur Spitze zu bestimmen, so will ich ferner auch hier im Anschluss an die gewöhnliche Anschauungsweise von der natürlichen Lage absehen, und bei den Bezeichnungen „oben", „unten" und „Höhe" von der Vorstellung ausgehen, dass der Vegetationskegel mit seiner Scheitelzelle nach oben aufgerichtet sei. —

Durch die bereits erwähnten, aufeinanderfolgenden Theilungen der Scheitelzelle wird diese jedesmal — so zum Beispiel bei der

jüngsten Theilung in der Fig. 1, Taf. XXV — in eine neue Scheitelzelle und in eine primäre Gewebezelle für die eine Seite (X), und zwar abwechselnd für die rechte und linke Seite des Vegetationskegels getheilt. Dieser zeigt daher später zwei gleichartig gebaute Hälften, eine rechte und eine linke, welche jede für sich in derselben Weise aus den übereinandergelagerten und später gleichartig ausgebildeten primären Gewebezellen bestehen. Während aber die eine Hälfte, zum Beispiel in Figur 1, Tafel XXV, seine rechte von der ersten, dritten, fünften, ... wird die andere, seine linke, von der zweiten, vierten, sechsten .... Gewebezelle gebildet; oder umgekehrt, die rechte von der zweiten, vierten, sechsten, und die linke von der ersten, dritten, fünften, je nachdem nämlich die erste Wand rechts oder links liegt.

Nach der von Nägeli ursprünglich gebrauchten Terminologie*) wären diese primären Gewebezellen als secundäre Zellen ersten Grades zu bezeichnen; um jedoch mit dem Namen die nöthige körperliche Anschauung zu verbinden, werde ich sie Stengelsegmente oder kurz Segmente nennen. Die aus ihnen hervorgehenden gleichartigen Stengelstücke, aus welchen der Stengel sich aufbauet, sind nämlich nicht ganze und zugleich senkrecht über einander gelagerte Stengelscheiben — wie etwa die gleich bei ihrer Bildung den ganzen Stengelumfang einnehmenden Gliederzellen der Charen — sondern sie sind ursprünglich unter spitzem Winkel gegen die Axe geneigte Stengelausschnitte, die nur einen Theil, nämlich die Hälfte des Stengelumfanges, umgreifen. Erst später, im Laufe ihrer weiteren Entwickelung, wie ich sogleich näher angeben werde, ändern sie ihre gegen die Axe des Vegetationskegels geneigte Lage in eine auf sie senkrechte um. —

Wie bereits erwähnt, schneiden sich die aufeinanderfolgenden Wände der Scheitelzelle in einer Linie, die abwechselnd rechts und links von der Mittelebene liegt, und hieraus folgt nothwendig, dass die Segmente jeder Seite des Stengels über die Mittelebene hinausgreifen.

Es fällt daher die Wand (cefhiklm, Fig. 1, Taf. XXV) welche im Innern des Vegetationskegels die rechte und linke Reihe der Stengelsegmente scheidet, und die nur von den inneren Stücken der ursprünglichen Theilungswände der Scheitelzelle gebildet wird,

*) Wachsthumsgeschichte der Laub- und Leber-Moose in der Zeitschrift für wissensch. Botanik von Schleiden und Nägeli. Heft 2.

nicht mit der idealen Mittelebene zusammen, sondern bildet eine so zu sagen zickzackförmig gebrochene Ebene, welche abwechselnd rechts und links über die Mittelebene hinaustritt. Weiter unten, am Vegetationskegel (lmno) weicht diese Trennungswand der beiden Segment-Reihen aber schon weniger weit nach rechts und links von der Mittelebene ab, als oben, und fällt noch tiefer unten nach und nach immer mehr mit ihr zusammen. —

Diese Erscheinung hängt aber von einem ungleichmässigen Wachsthum der angelegten Segmente ab. Jedes einzelne Segment wächst nämlich unmittelbar nach seiner Anlegung bedeutend stärker in seiner vorderen, der Scheitelzelle zugekehrten Hälfte. Zum Beispiel das Segment IX oberhalb einer Ebene, welche man sich durch die Linie ez seiner hinteren Begrenzungswand parallel gelegt denken muss. Denn im Laufe der weiteren Entwickelung des Segmentes IX bildet sich das obere Stück desselben (bez) zu einem dem unteren Stücke (zefg) symmetrischen Stücke aus, so dass man sagen kann, es wachse einem jeden Segmente bei seiner Ausbildung — ganz so, wie die Desmidiaceen-Hälften nach der Theilung wachsen — zu der vorhandenen eine neue, symmetrische, vordere Hälfte hinzu. Hierauf beruht eben das im Verhältniss zu seiner Breitenzunahme bedeutend raschere Längenwachsthum des Vegetationskegels.

An den einzelnen Segmenten bewirkt nun dieser Wachsthumsvorgang eine Biegung der vorderen Wand längs der Linie, wo die nächst jüngste Theilungswand der Scheitelzelle sich ansetzt; eine Biegung, die nach und nach so weit vorschreitet, dass die beiden Stücke der ursprünglich ebenen Wand später fast senkrecht auf einander zu stehen kommen.

Auf der Front-Ansicht des Vegetationskegels (XXV. 1), auf welcher dieses Verhalten in die Erscheinung tritt, wird es dadurch kenntlich, dass die ursprünglich gerade Linie (ac, boe), welche den Durchschnitt der vorderen Wand eines jeden Segmentes darstellt, schon vom drittjüngsten Segmente an als eine gebrochene Linie (def, gfh) erscheint, deren Stücke einen stumpfen Winkel bilden, welcher, je weiter ab von der Scheitelzelle, sich immer mehr zu einem rechten (pkl, ons) verkleinert.

So erhalten die einzelnen Segmente, die doch ursprünglich (X. IX. VIII) unter spitzem Winkel gegen die Axe des Vegetationskegels geneigt waren, eine gegen diese fast senkrechte Lage (I. II), und nehmen immer mehr die Form von halben cylindrischen

Scheiben an. Fassen wir das bisher Gesagte zusammen, so sehen wir in Folge der nach zwei Richtungen abwechselnden Theilung der Scheitelzelle den cylindrischen Stengel von Salvinia von zwei Reihen von Segmenten gebildet, deren Trennungsebene nach beendetem Wachsthume der Segmente — welche nun halbkreisförmige Scheiben geworden sind — mit der Mittelebene des Stengels zusammenfällt, so dass also die eine Reihe der Segmente seine ganze rechte, die andere seine ganze linke Hälfte aufbaut.

Wir sehen aber auch

1) dass die benachbarten Segmente in beiden Reihen (z. B. III und IV, oder IV und V) nicht in gleicher Höhe liegen, sondern immer um die halbe Höhe eines Segmentes über einander hervorragen,

und da jedes Segment der einen Reihe (z. B. IV) der Zeit seiner Entstehung nach zwischen die beiden angrenzenden Segmente (III und V) der anderen Reihe fällt, so sehen wir zugleich

2) dass jeder Querschnitt des Vegetationskegels oder jede senkrechte Querscheibe des Salviniastengels überhaupt aus zwei Hälften von ungleichem Alter zusammengesetzt wird.

Die Beziehungen dieses Stengelbaues zu dem Alter der Quirlglieder werden später hervortreten; vorher muss ich zur Darstellung der Theilungen übergehen, welche in den einzelnen Segmenten nach ihrer Bildung stattfinden.

Hierbei werde ich des bequemeren Ausdruckes wegen ihre innere Begrenzungswand (z. B. ikl, XXV. 1), die, wie ja aus dem Früheren hervorgeht, ursprünglich von zwei verschiedenen und convergirenden Wandstücken gebildet wird, als Grundfläche, die auf ihrer Mitte errichtete Senkrechte (kr) als Axe des Segmentes bezeichnen. Ferner heissen die beiden einander nahezu oder ganz parallelen Begrenzungswände des Segmentes nach oben und unten (it und lu) seine Seitenwände und die freie, convexe Wand endlich, die das Segment nach aussen begrenzt und einen Theil des Stengelumfanges bildet, seine Aussenwand *).

Wie man sieht, liegen diesen Bezeichnungen solche Segmente, die ihr Wachsthum schon beendet haben, zu Grunde, denn es folgt ja aus

*) Ich folge hier der Bezeichnungsweise, welche Naegeli in seiner Wachsthumsgeschichte der Laub- und Leber-Moose (Zeitschr. für wissensch. Botanik, Schleiden und Naegeli, 2tes Heft, Seite 144) für die Begrenzungswände der secundären Zellen ersten Grades gewählt hat.

dem Vorhergehenden, dass, während ihres Wachsthumes ihre Gestalt, ihre Neigung, und also auch die Lage der Linie, die ich ihre Axe genannt habe, sich ändert.

Nur die ersten vier Theilungs-Richtungen der Segmente sollen uns hier beschäftigen. Sie lassen sich mit Ausnahme der zweiten auf der Front-Ansicht des Vegetationskegels (XXV. 2, 3) auf einmal übersehen; also dann, wenn er von seiner Rücken- oder Bauchfläche — die ja, wie bereits mehrfach hervorgehoben, dasselbe Bild geben — angesehen wird.

In der schematischen Figur 1, Tafel XXV sind die Scheidewände der Segmente nicht verzeichnet worden, um diese selbst deutlicher hervortreten zu lassen. In der Figur 2 dieser Tafel sind sie dagegen in jedem Segmente der Reihenfolge ihrer Entstehung nach mit den Zahlen 1 bis 4 bezeichnet, wobei jedoch in den älteren Segmenten nur die neu hinzutretenden Wände mit einer Ziffer versehen sind.

Die erste Theilung des Segmentes beginnt bald, nachdem dasselbe durch das Zuwachsen seiner vorderen Hälfte vervollständigt ist.

Sie erfolgt vermittelst einer Wand, welche durch die Axe des Segments geht, und seinen Seitenwänden parallel ist. Diese erste Wand ist daher sowohl auf der Front-Ansicht (1 in S und T. XXV. 2), als auf der Seiten-Ansicht (1 in B und C XXV. 6) sichtbar, und sie theilt, wie man sieht, das Segment — bei aufrecht gedachtem Vegetationskegel — in eine obere und untere Hälfte.

Die zweite Theilung erfolgt nun in jeder Hälfte durch eine Wand, welche ebenfalls durch die Axe des Segmentes geht, allein auf den Seitenwänden, also auch auf der ersten Theilungswand senkrecht steht. Sie kann daher nicht auf der Frontansicht, wohl aber auf der Seitenansicht (XXV. 6) des Vegetationskegels gesehen werden, und hier tritt sie als eine auf den Begrenzungswänden der Segmente und auf ihrer ersten Theilungswand (1) senkrechte Linie (2 in B und C) in die Erscheinung.

Jetzt besteht das Segment schon aus vier Zellen, von denen zwei auf der Rücken-, und zwei auf der Bauchseite des Vegetationskegels liegen.

In diesen vieren erfolgt noch gleichmässig die dritte Theilung durch eine Wand, die wieder nur auf der Front-Ansicht des Vegetationskegels als eine der Mittellinie ungefähr parallele

Linie (3, 3 in Q und R, XXV. 2) zum Vorschein kommt. Ihr eigentlicher Verlauf im Inneren des Vegetationskegels lässt sich nur auf dem Querschnitt des Vegetationskegels (XXV. 5), oder wenn dieser von oben betrachtet wird (XXIV. 6) übersehen.

Sie setzt sich (3 in XXV. 5) an die zweite Theilungswand des Segmentes (bei a) an, verläuft von hier aus bogenförmig nach aussen, und trifft den Umfang in einer Linie, welche den Quadranten in zwei Theile theilt, die sich wie 2 : 3 verhalten. —

Jedes Segment (Q, R, XXV. 2.) besteht nach Bildung dieser Wand aus 8 Zellen, welche nicht mehr gleichartig sind und sich auch nicht mehr gleichmässig theilen. Von diesen liegen vier auf der Rücken- und vier auf der Bauchseite des Vegetationskegels, es können daher auf einer Front-Ansicht desselben nur die vier der Rücken- oder die vier der Bauchseite, welche beide Seiten aber dasselbe Bild geben, auf einmal übersehen werden. —

Von den vieren der Rückenfläche werde ich die beiden, die an die Mittelebene angrenzen (d. d. in Q. XXV. 2.) Rückenzellen, die beiden anderen (s. s.) primäre Seitenzellen des Rückens nennen. Von den vier Zellen der Bauchfläche heissen dann die ihrer Lage nach den Rückenzellen entsprechenden — ihnen gegenüberliegenden — Bauchzellen, die beiden anderen, die an die primären Seitenzellen des Rückens anstossen, wieder primäre Seitenzellen der Bauchfläche.

Der Querschnitt der Segmente zeigt von diesen acht Zellen, da immer zwei gleichwerthige der Höhe nach übereinander liegen, natürlich nur viere, nämlich eine Rücken-, eine Bauchzelle, eine primäre Seitenzelle des Rückens und eine primäre Seitenzelle des Bauches. Da aber jeder Stengelquerschnitt zwei nebeneinanderliegende Segmente durchschneidet, so giebt der Querschnitt des Vegetationskegels um diese Zeit (XXV. 5.) das Bild eines in 8 Zellen getheilten Kreises, von diesen gehören die vier rechts von der Mittelebene (xx.) dem einen, die vier links von derselben dem anderen Segmente des Querschnittes an.

Die vierte und zugleich die letzte Theilung, die wir hier noch zu berücksichtigen haben, ist die der primären Seitenzellen.

Diese — sowohl die des Rückens, als die der Bauchfläche — theilen sich noch durch die Wand, welche in O. und P. Figur 2. Tafel XXV. mit 4 bezeichnet ist, in zwei gleich grosse und übereinanderliegende Tochterzellen. Wegen ihrer den Seitenwänden des Segmentes parallelen Lage ist diese Wand wiederum sowohl auf

der Front-Ansicht, als auch auf der Seitenansicht (4. 4 in A XXV. 6.) sichtbar. Auf dem Querschnitt kann sie natürlich nicht in die Erscheinung treten und daher giebt der Querschnitt durch den Vegetationskegel (XXV. 5.) auch nach dem vierten Theilungsschritte in den Segmenten, noch dasselbe Bild, wie nach dem dritten und erscheint noch immer nur als ein aus 8 Zellen bestehender Kreis. —

Diese Tochterzellen der primären Seitenzellen (s_2. s_2 ... in O. XXV. 2. und A. XXV. 6.) werde ich secundäre Seitenzellen und zwar je nach ihrer Lage des Rückens oder der Bauchfläche nennen. —

Das Bisherige genügt, um über die Lage und den Werth einer jeden Zelle am Vegetationskegel oberhalb der jüngsten Blattanlagen Rechenschaft zu geben.

Zur genaueren Orientirung will ich jedoch hier nochmals die verschiedenen Ansichten und den Querschnitt des Vegetationskegels mit Rücksicht auf die jedesmal sichtbaren Zellen ganz kurz erläutern.

Jedes Segment in der Höhe der jüngsten Blattanlagen am Vegetationskegel (z. B. bei W. in XXIV. 3.) wird, wie wir sahen, von 12 Zellen gebildet, von welchen 6 auf seiner Rücken-, 6 auf seiner Bauchfläche liegen. Auf der Front-Ansicht des Vegetationskegels, auf welcher beide Reihen von Stengelsegmenten zum Vorschein kommen, werden von den Zellen jedes einzelnen Segmentes nur 6 auf einmal gesehen.

Von diesen sind zweie (d. d. in O. XXV, 2.), — die an die Mittelebene grenzen — die Rücken- oder Bauchzellen des Segmentes, je nachdem nämlich die Front-Ansicht die Rücken- oder Bauchfläche des Vegetationskegels wiedergiebt; die vier anderen (s_2 s_2...) sind die secundären Seitenzellen und zwar wiederum entweder die des Rückens oder die der Bauchfläche.

Sieht man den Vegetationskegel von der Seite an (XXV. 6.), so erblickt man nur die Segmente der einen — der rechten oder linken — Seite, welche in dieser Lage die ganze Breite des Vegetationskegels einnehmen und von den 12 Zellen eines jeden Segments (A.) kommen jetzt 8 zum Vorschein. Diese (s_2 s_2...) sind seine acht secundären Seitenzellen, von denen vier seiner Rücken- und vier seiner Bauchfläche angehören. Die Rücken- und Bauchzellen des Segmentes (die Zellen d. d. in O. XXV. 2. und die gleichliegenden der abgewendeten Seite des Vegetationskegels) sind auf dieser Seitenansicht des Vegetationskegels,

weil sie in dieser Lage schon zu seitlich liegen, nicht oder doch nur undeutlich sichtbar. Erst wenn der Vegetationskegel etwas gedreht wird und in eine Zwischenlage zwischen Fig. 6. und Fig. 2. Taf. XXV. gebracht wird, treten diese Zellen je nach der Drehung die Rücken- oder Bauchzellen wieder deutlicher hervor.

Von den acht Zellen, in welche der Querschnitt des Vegetationskegels (XXV. 5.) getheilt erscheint, gehören die vier auf der einen Seite der Mittelebene (xx.) dem einen, die viere auf der anderen Seite dem anderen der beiden Segmente an, die der Querschnitt durchschneidet.

Von den 12 Zellen eines jeden Segmentes zeigt der Querschnitt daher immer nur 4, nämlich eine Rückenzelle (d), eine Bauchzelle (v), und zwei secundäre Seitenzellen (s_2 s_2).

Die Rücken- und Bauchzellen haben endlich, wie der Querschnitt zeigt, eine geringere peripherische Breite, als die Seitenzellen; sie umfassen nämlich an der Peripherie einen Bogen von 36°, während die Seitenzellen hier einen Bogen von 54° einnehmen; dagegen haben sie aber, wie man auf der Front-Ansicht (bei O in XXV. 2.) sieht, die doppelte Höhe der Seitenzellen, indem in ihnen der vierte Theilungsschritt unterblieben ist.

Schon in diese frühe Entwickelungsperiode der Segmente, noch während die bisher geschilderten Theilungsvorgänge in ihnen stattfinden, fällt die Bildung der Blätter, d. h. die beginnende Erhebung einzelner Zellen des Gewebes, als Scheitelzellen selbstständiger Seitenorgane.

Wir wissen bereits aus dem Vorhergehenden, dass auf gleicher Höhe am Vegetationskegel stets drei Seitenorgane auftreten (XXIV. 1. 4. 5.), und dass diese drei Seitenorgane, welche jeder Knoten der Salvinia trägt, die beiden Luftblätter und das Wasserblatt sind. Die Orientirung über die verschiedenen Seiten des Vegetationskegels, die wir bereits früher erlangt hatten, und die Kenntniss seiner Zellenbildungsfolge, gestattet jetzt die genauere Bestimmung derjenigen Zellen seines Gewebes, welche als Urzellen dieser drei Seitenorgane zu betrachten sind. —

Die Thatsache, welche sich zuerst feststellen lässt, und die die Grundlage jeder weiteren Bestimmung bildet, ist die, dass das ganze Gewebe des Stengels, welches später einen Blattknoten der Salvinia bildet, aus einer Scheibe des Vegetationskegels hervorgeht, welche nur die Höhe eines halben Segmentes einnimmt.

Eine jede zum Blattknoten werdende Scheibe — Knoten-

scheibe — des Vegetationskegels (z. B. die Scheibe α. β γ. δ. in Fig. 2. Taf. XXV.) wird daher immer von zwei halben Segmenten gebildet, die in Folge der bereits früher hervorgehobenen Lagerung beider Segmentreihen des Stengels (siehe Seite 493.) ein verschiedenes Alter und einen ungleichen Werth besitzen.

Jede Knotenscheibe besteht nämlich aus der oberen Hälfte eines älteren und aus der unteren Hälfte eines jüngeren Segmentes.

So finden wir die bereits betrachtete Knotenscheibe α. β. γ. δ. Figur 2. Tafel XXV. zusammengesetzt aus der oberen Hälfte (α. β.) des älteren Segmentes O, und aus der unteren Hälfte (γ. δ.) des jüngeren Segmentes P. Es hat daher jede Knotenscheibe, die ursprünglich von 12 Zellen gebildet wird, eine ältere und eine jüngere Hälfte oder Seite.

Die zweite Thatsache, welche uns entgegentritt, ist die, dass das Wasserblatt (W. in XXV. 3.) zusammen mit dem ihm näheren Luftblatte (L_2), welches ich das äussere Luftblatt nennen werde, aus der älteren, das vom Wasserblatte entferntere — das innere — Luftblatt (L_1) dagegen für sich allein aus der jüngeren Hälfte der Knotenscheibe hervortritt.

Eine genauere Bestimmung der drei Zellen, welche sich als die Urzellen dieser drei Blätter des Knotens erheben, liefert dann folgendes Ergebniss.

Zum inneren Luftblatte (L_1) wird immer eine Rückenzelle und aus der bereits hervorgehobenen Zusammensetzung der Knotenscheibe geht hervor, dass es immer die untere Rückenzelle eines Segmentes ist, welche die Urzelle dieses Luftblattes wird. — Zum äusseren Luftblatte (L_2) wird dagegen eine Seitenzelle, die noch näher als eine Seitenzelle des Rückens zu bestimmen ist. Da aber jede Hälfte der Knotenscheibe 2 Seitenzellen des Rückens besitzt (man sehe J. in XXV. 3.), so muss jene Urzelle des äusseren Luftblattes noch genauer als die obere der beiden Seitenzellen des Rückens bezeichnet werden, und aus der bekannten Zusammensetzung der Knotenscheibe folgt dann wieder, dass von den vier secundären Seitenzellen (J. in XXV. 3.), die auf dem Rücken eines jeden Segmentes liegen, es immer die oberste ist, welche zur Urzelle des äusseren Luftblattes (L_2) wird.

Während so die Urzellen beider Luftblätter auf der Rückenfläche des Vegetationskegels liegen, gehört die Urzelle des Was-

serblatts (W) dagegen seiner Bauchfläche an, und zwar ist es die primäre Seitenzelle der älteren Hälfte der Knotenscheibe, welche zum Wasserblatte wird, die aber, weil es in jeder Hälfte der Knotenscheibe nur eine primäre Seitenzelle giebt, keiner näheren Bestimmung bedarf.

Nehmen wir zugleich auf die Zeit der Erhebung Rücksicht, so finden wir also: das Wasserblatt (W) erhebt sich aus der Bauchfläche der älteren Hälfte der Knotenscheibe noch vor dem vierten Theilungsschritte im Segmente; das äussere Luftblatt (L_2) ebenfalls aus der älteren Hälfte der Knotenscheibe, aber aus ihrer Rückenfläche und der Zeit nach erst, nachdem der vierte Theilungsschritt im Segmente bereits erfolgt ist. Das innere Luftblatt (L_1) endlich erhebt sich aus der jüngeren Hälfte der Knotenscheibe, aus ihrer Rückenfläche und der Zeit nach noch vor dem vierten Theilungsschritte des Segmentes, dem er angehört. Hiernach lässt sich, wie wir sogleich sehen werden, das relative Alter der drei Quirlglieder genau bestimmen.

Vorher sollen jedoch die gemachten Angaben über den Ursprung der Blätter noch durch die Berücksichtigung ihrer Stellung am Querschnitte (XXV. 5.) vervollständigt werden.

In dieser Figur ist angenommen, dass links von der Mittelebene (xx.) die jüngere, rechts von derselben die ältere Segment-Hälfte der Knotenscheibe liegt; mn. ist die Trennungslinie der Rücken- und Bauchfläche. —

Wir sehen alsdann das innere Luftblatt (L_1) aus der Rückenzelle (d) des jüngeren Segmentes; das äussere Luftblatt (L_2) aus der secundären Seitenzelle des Rückens (s_2), die dem älteren Segmente angehört; das Wasserblatt (W) endlich aus der Seitenzelle (s_γ) der Bauchfläche dieses älteren Segmentes hervortreten. Das Wasserblatt tritt aber, wie bereits angegeben, aus dieser Seitenzelle schon vor Entstehung der Theilungswand 4 (XXV. 2.). die aber auf dem Querschnitt nicht sichtbar wird, hervor.

Das relative Alter der drei Glieder dieses Quirls (W, L_1, L_2.) lässt sich nicht unmittelbar, wie es sonst wohl geschehen kann, nach ihrer äusseren Erscheinung, ihrer Grösse und ihrem Entwickelungsgrade in solchen Quirlen, die noch in Bildung begriffen sind, beurtheilen. Deshalb nämlich, weil das Wasserblatt in seiner weiteren Entwickelung einen so verschiedenartigen Gang einhält, dass die Grösse und die Ausbildung seiner Gestalt keinerlei sichere, auf das Alter zurückführbare Verglei-

chungspuncte mit der Gestalt und dem Ausbildungsgrade der Luftblätter an die Hand giebt. Für die beiden Luftblätter, deren Entwickelungsgang, obgleich sie ungleichwerthigen Zellen der Knotenscheibe — das eine einer Rücken-, das andere einer Seitenzellen — entspriessen, dennoch ein durchaus gleichartiger ist, ist dies dagegen der Fall und man kann schon nach dem äusseren Aussehen der beiden Luftblätter in noch jugendlichen Quirlen mit Sicherheit folgern, dass das innere Luftblatt älter ist, als das äussere.

Für die Bestimmung der Altersfolge zwischen dem Wasserblatt und den beiden Luftblättern ist man aber ganz allein auf die Beobachtung der Erhebungszeit ihrer ersten Zellen — der Blatt-Ur-Zellen — aus dem Gewebe des Vegetationskegels angewiesen. Diese hängt nun wieder von dem relativen Alter der Gewebe-Zellen, welche zu den Blatt-Ur-Zellen werden, ab.

Das Alter dieser Zellen lässt sich aber, wie eine kurze Ueberlegung zeigt, nach dem Theilungsschritte in den Segmenten, durch welchen sie angelegt werden, bestimmen.

Das relative Alter der beiden Blätter, welche demselben Segmente angehören, — des Wasserblattes und des äusseren Luftblattes — ist hiernach leicht nachweisbar. Denn die Urzelle des Wasserblattes (W. XXV. 3.) ist durch den dritten, die des äusseren Luftblattes (L_2) durch den vierten Theilungsschritt des Segmentes angelegt worden. Die erstere ist daher um einen Theilungsschritt älter, als die zweite. Dem entsprechend erhebt sich, wie die unmittelbare Beobachtung dann auch zeigt, das Wasserblatt beständig früher aus dem Gewebe des Vegetationskegels, als das äussere Luftblatt.

Für die Altersbeziehung zwischen Wasserblatt und äusserem Luftblatte (L_1) muss aber noch auf das verschiedene Alter der beiden Segmente (F. und G.; — J. und K. XXV. 3.) denen die beiden Blätter entspriessen, Rücksicht genommen werden. Die Urzelle für das Wasserblatt — eine primäre Seitenzelle — und die Urzelle für das innere Luftblatt — eine Rückenzelle — sind beide durch denselben, den dritten Theilungsschritt in ihrem Segmente angelegt worden. Da aber das Segment (G.), aus welchem das innere Luftblatt hervortritt, jünger ist, als das Segment (F.), aus welchem das Wasserblatt entspringt. so ist offenbar die Urzelle für das Wasserblatt älter, als die für das innere Luftblatt und auch dies Verhältniss entspricht wieder der beobachte-

ten Aufeinanderfolge in dem Hervortreten jener Zellen aus dem Gewebe des Vegetationskegels.

Demnach ist das Wasserblatt des älteste des Quirles.

In Bezug auf das relative Alter der beiden Luftblätter ist es bereits hervorgehoben worden, dass schon die Vergleichung ihrer Entwickelungszustände in solchen Quirlen, die noch in Bildung begriffen sind, den Nachweiss liefert, dass das innere Blatt älter ist als das äussere.

Mit Bestimmtheit lässt sich dies noch aus dem Entstehungsalter ihrer Urzellen erschliessen.

Die Urzelle für das innere Luftblatt (L_1) gehört zwar einem jüngeren Segmente, die für das äussere Luftblatt (L_2) einem älteren Segmente an; allein die Theilungsfolge in den Segmenten lehrt, dass der dritte Theilungsschritt im jüngeren Segmente immer früher stattfindet, als der vierte im nächstälteren. Die Anlegung neuer Segmente in der Scheitelzelle schreitet nämlich rascher vor, als in den gebildeten Segmenten der vierte Theilungsschritt auf den dritten folgt. —

Die Altersfolge der drei Glieder des Salvinia-Quirles ist daher dahin bestimmbar, dass das Wasserblatt (W) das älteste, das innere Luftblatt (L_1) das zweite und das äussere Luftblatt (L_2) das dritte ist.

Um nun mit der Blattstellung abzuschliessen, bleibt noch übrig, die gegenseitige Stellung der aufeinanderfolgenden Quirle zu berücksichtigen.

Wie schon eine kurze Ueberlegung zeigt, hängt diese, da die Zusammensetzung jeder Knotenscheibe aus der oberen Hälfte eines älteren und der unteren Hälfte eines jüngeren Segmentes ebenso constant ist, wie die Erhebung der drei Quirlglieder aus den für sie bestimmten Urzellen, mit der Länge des Stückes am Vegetationskegel zusammen, welches später zu dem Stengelinternodium wird. — Die Beobachtung zeigt nun, dass jedes Internodium seiner ganzen Länge nach von einer Scheibe des Vegetationskegels gebildet wird (J G H. in XXV. 3.), welche der Höhe eines einzigen, ganzen Segmentes entspricht. Hieraus folgt dann, wegen der Lage der beiden Segmenthälften des Stengels, dass die entsprechenden Hälften der aufeinanderfolgenden Knoten eine entgegengesetzte Lage haben müssen.

Wenn zum Beispiel die eine Knotenscheibe (die untere in XXV. 3.) ihre ältere Hälfte rechts, ihre jüngere links hat, so

muss dann bei dem Bau des Salviniastengels, weil das Internodium gerade die Höhe eines Segmentes einnimmt, der darauf folgende Knoten (der obere in XXV. 3.) seine ältere Hälfte links und seine jüngere Hälfte rechts haben. Und hieraus folgt dann wieder, da der Ursprung eines jeden der Quirlglieder an eine bestimmte Zelle der älteren oder jüngeren Hälfte der Knotenscheibe gebunden ist, dass dieselben Glieder in den aufeinanderfolgenden Quirlen auf verschiedenen Seiten der Mittelebene liegen und nicht in dieselbe Blattreihe fallen können.

Während daher so die Quirle alterniren, würden sie offenbar opponirt sein, wenn — was doch auch möglich wäre — das Internodium immer von einer Scheibe des Vegetationskegels gebildet würde, die der Höhe eines halben, oder von anderthalb, oder dritthalb u. s. w. Segmenten entspräche. So hängt bei dieser spitzwinkligen Theilungsrichtung der Scheitelzelle die gegenseitige Stellung der aufeinanderfolgenden Quirle mit der Länge der Internodien zusammen.

Anschaulicher als in der Figur 3. Tafel XXV. wird die gegenseitige Stellung der Quirle, wenn man, wie in Figur 4. Tafel XXV., mehrere aufeinanderfolgende Quirle in ihrer gegenseitigen Stellung nach Art der Blüthendiagramme verzeichnet, wobei, wie früher in der Figur 5. derselben Tafel, xx. die Mittelebene, welche die Segmente der rechten und linken Seite von einander scheidet und mn. die Grenze zwischen Rücken- und Bauchfläche, ferner W. wieder das Wasserblatt, L_1 das innere und L_2 das äussere Luftblatt bezeichnet.

Man sieht dann, dass von den 8 ursprünglichen Zellen des Querschnittes jeder Knotenscheibe zwei Zellen, die beiden Bauchzellen (v. v.), ohne Ausnahme in allen Quirlen von der Blattbildung unberührt bleiben. Aus ihnen geht später das Gewebe der dem Wasser zugekehrten Seite des Knotens der Salvinia hervor. Von den sechs anderen Zellen werden in jedem Quirl nur drei für die Blattbildung verwandt, die drei anderen ruhen. In den aufeinanderfolgenden Quirlen wechseln die ruhenden und blattbildenden Zellen ab. Man sieht nun, dass die Salvinia nicht, wie man bisher annahm, zwei, sondern sechs Blattreihen besitzt; zwei Reihen Wasserblätter und vier Reihen Luftblätter.

In den aufeinanderfolgenden Quirlen liegen die aus den Seitenzellen der Bauchfläche hervortretenden Urzellen für die Wasserblätter abwechselnd rechts und links und daher liegen die bei-

den Reihen Wasserblätter auf der dem Wasser zugekehrten Bauchfläche der Pflanze seitlich rechts und links von der Mittelebene. —

Die vier Reihen Luftblätter liegen, übereinstimmend mit der Ursprungsstelle ihrer Urzellen, sämmtlich auf der der Luft zugekehrten Rückenfläche der Pflanze. Die beiden inneren unmittelbar an der Mittelebene liegenden Reihen (L_1 L_1) werden von den älteren Luftblättern, die beiden äusseren, mehr seitlichen Reihen (L_2 L_2) von den jüngeren Luftblättern der Quirle gebildet.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass, wie gleichfalls aus der Figur 4. unmittelbar ersichtlich wird, die aufeinanderfolgenden Quirle nicht bloss alterniren, sondern auch eine entgegengesetzte Wendung haben.

Eine auffallende Thatsache, die hier noch eine nähere Besprechung verdient, möchte aber vielleicht darauf hinweisen, dass diesen bei Salvinia in die Erscheinung tretenden dreigliedrigen Quirlen eigentlich eine andere, als eine dreitheilige Blattstellung zu Grunde liegt.

Die seitlichen Abstände zwischen den drei Gliedern des Quirles sind nämlich, wie man sieht (XXV. 5, 4.) schon ursprünglich ungleich. Querschnitte durch sehr junge Blattknoten zeigen aber, dass der nächste Abstand zwischen den beiden Luftblättern (L_1 und L_2), dem Abstande zwischen dem äusseren Luftblatte (L_2) und dem Wasserblatte (W) gleich ist und dass dieser Abstand bei unmittelbarer Messung des Centriwinkels — wenn man die Fehlergrenzen der Methode in Anschlag bringt — genau als $\frac{1}{5}$ des Kreisumfanges bestimmt werden kann. —

Zwischen den beiden Luftblättern ändert sich dieser Abstand auch im Laufe der späteren Entwickelung nicht und man wird auf genau senkrechten Querschnitten durch ältere Knoten der Pflanze den Centriwinkel, welchen die Mittellinien der beiden in die Luftblätter verlaufenden Gefässbündel bilden, noch immer gleich 72° finden.

Dagegen vergrössert sich der Abstand zwischen dem Wasserblatte und dem äusseren Luftblatte später durch eine ungleichmässige Entwickelung und noch mehr in Folge des Auftretens einer Seitenknospe zwischen beiden Blättern sehr bedeutend, so dass hier die an den älteren Knoten gefundene Divergenz nicht mehr für den ursprünglichen Abstand maassgebend ist.

Da auch bei der ersten Anlegung derjenigen Zellen im Gewebe des Vegetationskegels, welche für die Blätter bestimmt

sind, schon eine auf eine Fünftel-Stellung bezügliche Theilung des Kreisumfanges eintritt, indem, wie ich bereits hervorhob, die mit 3 bezeichneten Theilungswände der Segmente (XXV. 5; XXIV. 6.) jeden Quadranten genau im Verhältniss von 2 : 3 theilen, so kann wohl mit vollem Rechte die ursprüngliche Divergenz der drei Quirlglieder von Salvinia als $\frac{1}{5}$ des Kreisumfanges bestimmt werden.

Dies führt aber in Verbindung mit der als sicher erkannten Altersfolge der Glieder zu der Annahme, dass der Blattstellung dieser Pflanze alternirende Quirle mit $\frac{1}{5}$ oder $\frac{2}{5}$ Divergenz zu Grunde liegen möchten, in welchen jedoch jedesmal nur drei bestimmte Glieder (bei $\frac{1}{5}$ die Glieder I. IV. V.; bei $\frac{2}{5}$ die Glieder I. II. IV. oder auch II. III. V.) auftreten, die beiden anderen aber unterdrückt sind. —

Ueberblicken wir nun die Beziehungen, welche zwischen der Zellenfolge im Vegetationskegel, dem Stengelbau und der Blattstellung der Salvinia sich herausstellen, so fällt sogleich ins Auge, dass die Ansicht, wonach die Theilungsrichtung der Scheitelzelle die Blattstellung unmittelbar bestimmt, wenigstens was die Wirtel betrifft, nicht begründet ist; dass namentlich die vorhandenen Beziehungen zwischen beiden, die durch den bestimmenden Einfluss der Theilungsrichtung der Scheitelzelle auf den Stengelbau vermittelt werden, ihren Ausdruck nicht — wie dies wiederholt angedeutet wurde — in der übereinstimmenden Anzahl der Theilungsrichtungen der Scheitelzelle und der vorhandenen Blattreihen finden. Als positives Ergebniss folgt dagegen, dass der nächste Einfluss der Theilungsrichtung der Scheitelzelle sich im Stengelbau, nämlich in dem gleichen oder ungleichen Alter der verschiedenen Seiten eines senkrechten Stengelquerschnittes, geltend macht.

Wenn, wie bei den Charen, die Theilung der Scheitelzelle stets senkrecht gegen die Achse stattfindet, dann wird offenbar der Stengel aus einer einzigen Reihe übereinandergelagerter, ganzer Scheiben, die schon ursprünglich gegen die Achse senkrecht stehen, aufgebaut und ein Querschnitt des Stengels kann dann offenbar keine Altersungleichheiten seiner Seiten besitzen, welche auf Vorgänge in der Scheitelzelle zurückführbar wären. Denn jede zur Achse senkrechte Stengelscheibe ist ja auf einmal in der Scheitelzelle entstanden.

Wenn in solchem Falle, wie bei den Charen, an den Blattwirteln der Knoten dennoch Altersungleichheiten der Quirlglieder eintre-

ten, so hängen diese nachweisbar von der späteren Theilungsfolge in der auf einmal gebildeten Knotenscheibe ab, deren Ursache nicht mehr in der Scheitelzelle zu suchen ist.

Solche Fälle, die gewiss nicht auf die Charen beschränkt sind, liefern einen eclatanten Beweis für die Unabhängigkeit des Alters und der Zahl der Quirlglieder von der Theilungsfolge in der Scheitelzelle.

Wird aber, wie bei Salvinia, die Scheitelzelle durch Wände getheilt, die die Achse unter spitzem Winkel schneiden, dann muss diese spitzwinklige Theilungsrichtung nothwendig eine Altersungleichheit der verschiedenen Seiten jedes zur Achse senkrechten Stengelquerschnittes zur Folge haben.

Je nachdem die Scheitelzelle, wie bei Salvinia, nach nur zwei oder, wie bei Equisetum, nach drei Richtungen des Raumes sich theilt, wird der Stengel von zwei oder drei nebeneinanderliegenden Reihen von Stengelsegmenten aufgebaut, welche Anfangs unter spitzem Winkel gegen die Achse geneigt, erst später durch ein ungleichmässiges Wachsthum eine zur Achse senkrechte Lage erhalten und, wie bei Salvinia, so angeordnet sind, dass die aufeinanderfolgenden Segmente um die Hälfte, oder bei Theilung der Scheitelzelle nach drei Richtungen des Raumes, um ein Drittel ihrer Höhe über einander hervorragen.

Nothwendig muss in Folge hiervon jede zur Achse senkrechte Scheibe in dem einen Falle von zwei, in dem anderen von drei ungleichaltrigen Stücken zusammengesetzt sein, und so könnten noch complicirtere Fälle auftreten, sobald auch die vierte Theilungswand in der Scheitelzelle der ersten noch nicht parallel wäre.

Die Blattknoten zeigen daher bei dieser spitzwinkligen Theilung der Scheitelzelle eine Altersungleichheit ihrer verschiedenen Seiten, und hiernach ist ein Altersunterschied der auf den verschiedenen Seiten dieser Knoten stehenden Quirlglieder schon aus den Vorgängen in der Scheitelzelle abzuleiten.

Allein die Anzahl der Quirlglieder und das besondere Alter jedes einzelnen wird dann noch durch die in den entstandenen Segmenten eintretende Theilungsfolge bestimmt, die wieder von der Theilungsrichtung der Scheitelzelle ganz unabhängig erscheint. Der bemerkenswerthe Umstand endlich, dass gleichwerthige Quirlglieder — z. B. die beiden Luftblätter von Salvinia — aus ungleichwerthigen — d. h. nicht durch denselben Theilungsschritt gebildeten — Tochterzellen der Segmente hervortreten können, zeigt sogar, dass die

Anzahl der Blattreihen nicht einmal immer Multipla der Theilungsrichtungen sein müssen.

Kehren wir nun zu dem Entwickelungsgange der Salvinia-Blätter zuürck, so finden wir, dass die drei Urzellen der Quirlglieder, kurz nachdem sie aus dem Gewebe des Vegetationskegels hervorgetreten sind, einen verschiedenen Entwickelungsverlauf nehmen.

Alle drei vermehren sich zwar anfänglich ganz gleichartig, nämlich durch gegen ihre Achse spitzwinklige Theilung nach nur zwei Richtungen des Raumes (XXIV. 1. 4. 5.), so dass also die Blätter der Salvinia, die aus ihnen hervorgehen, nach demselben Gesetze, wie der Stengel in die Länge wachsen. Allein die in der Scheitelzelle angelegten Segmente befolgen bei ihrer weiteren Entwickelung in zweien von ihnen, den Luftblättern nämlich, einen anderen Entwickelungsgang als in dem dritten, dem Wasserblatte.

In dem vorliegenden Aufsatze beabsichtigte ich nicht, die mehr in der Darstellung als in der Wirklichkeit complicirte Entwickelungsgeschichte dieser drei Blätter weiter von Zelle zu Zelle zu verfolgen, und ich will nur noch auf die äusserlich zwischen dem Wasserblatte und den Luftblättern hervortretenden Unterschiede aufmerksam machen.

Die Luftblätter (L_1 u. L_2) wachsen sehr rasch in die Breite (XXIV. 4. 5.) und ihre Ränder erscheinen zugleich, in Folge sehr früh im Laufe der Entwickelung eintretender Wachsthumsvorgänge der Randzellen, schon kurz nach ihrer Anlegung um die Mittelrippe gefaltet (XXIV. 1.), so dass also die beiden Seiten der Blattspreite von Anfang an mit ihrer später der Luft zugekehrten Oberfläche sich berühren und erst später sich auseinanderschlagen.

Bei dem Wasserblatte (W. in Fig. 5. 4., 1. Taf. XXIV.) unterbleibt dagegen das Breitenwachsthum, und dasselbe bildet sich vielmehr zu einem stielartigen Zipfel aus. Aber aus seinen in der Scheitelzelle gebildeten Segmenten treten (Z. Z. in Fig. 4. Taf. XXIV.) in der Reihenfolge, in welcher die Segmente entstehen, Randzellen hervor und werden zu neuen Scheitelzellen, die sich in derselben Weise, wie die Scheitelzelle des Hauptzipfels, zu diesem gleichartigen Seitenzipfeln ausbilden.

Der Unterschied, den ich daher in der Entwickelungsgeschichte der Luftblätter und des Wasserblattes sehe, ist der-

selbe, wie der zwischen der Entwickelung ungetheilter parenchymreicher und vieltheiliger parenchymarmer Blätter.

Bekanntlich tritt diese letztere Blattform bei den ganz untergetauchten Blättern der Wasserpflanzen sehr häufig auf und ich sehe daher keinen Grund gegen die Annahme, dass die Salvinia, wie manche phanerogamische Wasserpflanzen, Blätter von zweierlei Art, untergetauchte vieltheilige und schwimmende ungetheilte besitzt.*)

Die schon von Mettenius vollkommen richtig beobachtete Thatsache, dass die sogenannten Wurzelzasern — die Zipfel des Wasserblattes — an der Spitze wachsen, kann jetzt, nachdem vielfache Erfahrungen darüber vorliegen, dass das Spitzenwachsthum kein ausschliessliches Attribut der Achsenorgane ist, um so weniger gegen die Blattnatur der sogenannten Wurzelzasern sprechen, als ja, wie ich schon bemerkt habe, auch die Luftblätter mit einer fortwährend nach Art der Scheitelzelle des Stengels sich theilenden Scheitelzelle in die Länge wachsen.

Ich vermeide es absichtlich, näher auf die Frage einzugehen, ob in der Entwickelung absolute Unterschiede zwischen Achsen- und Seitenorganen und unter den letzteren zwischen Blättern und Epidermisbildungen hervortreten. Ich bemerke nur, dass die Entwickelungsgeschichte allerdings eine Einsicht in den Gestaltungsprocess der Form gewährt; wenn aber die Form selbst nicht entscheidet, darf man dann die Entscheidung von ihrem Bildungsmodus erwarten? Wo Zweifel möglich sind und die Vorgänge am Vegetationskegel das Verhältniss nicht unmittelbar klar vor Augen legen, wird man bei der Bestimmung daher immer noch auf die Analogie sicher erkannter Fälle angewiesen bleiben.

Nun kann bei Salvinia nach der blossen Betrachtung des bis auf die jüngsten Quirle entblätterten Vegetationskegels (XXIV. 1. 4. 5. XXV. 7.) von einer Gabelung seiner Spitze keine Rede sein, und ebenso wenig davon, dass sich seine Spitze in das Organ, welches ich als Wasserblatt bezeichnet habe, verwandele. Endlich hat auch die Annahme, dass dieses letztere Organ ein steriler, d. h. blattloser, einem Adventivsprosse des Stengels gleichwerthiger Fruchtzweig ist, offenbar viel weniger für sich, als die von mir adoptirte, wonach die drei in gleicher Höhe seitlich am Ve-

*) Es liegt auf der Hand, dass diese Betrachtung auch auf Azolla anwendbar ist.



getationskegel und tief unter seiner Spitze hervortretenden Bildungen (W. L_1 und L_2 in XXIV. 1. 4. 5.) als morphologisch gleichwerthige Organe zu betrachten sind. Ich halte es daher mit Rücksicht auf die sich darbietenden Analogien mit den vieltheiligen Blättern der Wasserpflanzen für gerechtfertigt, jenes Organ in seiner Gesammtheit für ein vieltheiliges Blatt zu erklären.

Zu den entscheidenden Analogien rechne ich ferner auch die Entwickelung der Früchte, deren Bildung ja in der ganzen Gruppe der Farrnkräuter an die Blätter gebunden ist.

Diese sind aber bei Salvinia nur metamorphosirte Seitenzipfel des Wasserblattes. Die obersten, aus den Segmenten des Hauptzipfels hervortretenden Randzellen (Z. Z. in XXIV. 4.), welche bei den unfruchtbaren Wasserblättern zu den jüngsten Seitenzipfeln werden, gestalten sich bei den fructificirenden Wasserblättern durch einen Zellbildungsvorgang, dessen weitere Darlegung ich einem zweiten Aufsatze vorbehalten muss, zu den Früchten, welche deshalb auch dasselbe Stellungsverhältniss, wie die Seitenzipfel, zeigen. —

Hiernach findet auch der von Mettenius*) beobachtete, interessante Fall, dass „man ausnahmsweise auch an der Spitze einzelner Wurzelzasern Receptacula antrifft", in der Natur der Zipfel als Fruchtblatt-Abschnitte, seine einfache Erklärung.

Bisher habe ich von den Organen, welche die Salvinia erzeugt, nur die Blätter berücksichtigt. Sie bringt jedoch, wie bekannt, noch zweierlei Haarbildungen und ausserdem noch Knospen, durch welche sie sich verzweigt und die eine ganz regelmässige Stellung am Stengel aufweisen, hervor.

Ueber diese Organe will ich hier nur das für die Orientirung Nothwendigste, soweit es mit der Aufgabe des vorliegenden Aufsatzes zusammenhängt, anführen.

Die Entstehung der Knospen war ich bisher noch nicht im Stande, mit völliger Sicherheit bis auf die erste für sie bestimmte Zelle zurückzuführen. — Gewiss ist nur, dass an jedem Knoten eine Knospe entsteht und dass diese, wenn man in der Entwickelung vorgeschrittenere Knoten untersucht, in dem Raume zwischen Wasserblatt und äusserem Luftblatte liegt, sich aber mit ihrer Basis noch bis vor das Wasserblatt erstreckt. Dass diese Knospe in ihrer Entstehung zu dem Wasserblatte Beziehungen hat, darauf weisen die Fälle hin, in welchen man sie ein Stück

*) Rhizocarpeen, Seite 35.

weit an der Basis des Wasserblattes heraufgerückt findet. Sie scheint dann direct aus dem Gewebe des Wasserblattes und zwar aus der dem äusseren Luftblatte zugekehrten Seite zu entspringen. Anderseits geht aber, wie Querschnitte durch ältere Knoten lehren, bei normaler Lage der Knospe ihr Gefässbündel direct von dem Gefässbündel des Stengels aus, und ich gestehe, dass ich Anfangs dieser Thatsache einen grossen Werth für die Beurtheilung des Knospenursprungs beigelegt habe. Nachdem aber Hofmeister*) in äusserst scharfsinniger Weise die, wie mir scheint, richtige Würdigung dieses Verhältnisses bei den Farrn hervorgehoben hat, scheint sie mir nicht mehr maassgebend und ich halte es auch bei Salvinia für gewiss, dass die Seitenknospen, auf welchen die Verzweigung der Pflanze beruht, Adventivsprosse des Wasserblattes sind.

Wie diese stehen sie abwechselnd rechts und links an den aufeinanderfolgenden Knoten und ebenso stehen natürlich auch die aus ihnen hervortretenden Seitenzweige der Pflanze, die in keiner wesentlichen Eigenschaft von dem Hauptstengel abweichen.

Noch eine andere Thatsache, die ebenfalls auf den Ursprung der Seitenknospen aus den Wasserblättern hinweisst, kann ich erst später bei der Beschreibung der Keimpflanze anführen.

Von den zweierlei Haaren, welche Salvinia besitzt und die bekanntlich den frühesten Beobachtern schon Gelegenheit zu vagen Vermuthungen über das Geschlecht dieser Pflanze gegeben haben, treten die einen fast nur an den jungen Theilen der Pflanze auf und fallen bald nach vollendeter Entwickelung des Theiles, auf welchem sie vorkommen, ab. Es sind dies diejenigen, welche in ihren Zellen das Phaenomen der Molecularbewegung in so äusserst schöner Weise zeigen.

Die zweite Art, die durch ihre braune und zugespitzte Endzelle kenntlichen Haare, sind dagegen beständig und gehen erst mit dem Theile, der sie trägt, zu Grunde. —

Beiderlei Haare entstehen am Vegetationskegel immer unterhalb der jüngsten Blätter und ihre frühesten Anlagen sind schon hierdurch leicht von den Blattanlagen zu unterscheiden. Dass sie, ähnlich wie die Blätter, genau in bestimmte Reihen gestellt sind, sieht man am leichtesten an den Zipfeln der Wasserblätter. (h, h. in XXV. 7.)

*) Flora, 1853. Seite 173.

Ich gehe nun zu dem zweiten Theile dieses Aufsatzes, zu der Darstellung der Embryobildung von Salvinia, über, und nehme dieselbe mit der beginnenden Entwickelung der Micro- und Macrosporangien auf.

Untersucht man Microsporangien im Frühjahr, wenn die Entwickelung der Pflanze von Neuem beginnt, so findet man die Microsporen innerhalb der grosszelligen, einschichtigen und langgestielten Microsporangien-Hülle in eine Zwischenmasse eingebettet, welche ein kleinzelliges Aussehen besitzt (XXVI. 15.).

An Microsporargien, die in meiner Wohnung im stets warm gehaltenen Zimmer überwinterten, beobachtete ich die ersten Entwickelungserscheinungen schon in den ersten Tagen des Februar.

Man sieht (XXVI. 10.) kurze gekrümmte Schläuche aus dem Microsporangium hervortreten.

Sie erscheinen durch eine Wand in zwei Theile getheilt; in eine vordere, stark mit Inhalt erfüllte kurze Spitze (ae. Fig. 11. Taf. XXVI.) und ein längeres, ganz oder fast ganz leeres, unteres Stück (b.), welches sich in das Microsporangium verliert.

Die als besondere Zelle abgegliederte Spitze wird zum Antheridium. Der ganze Schlauch, namentlich aber die zum Antheridium gewordene Spitze, zeigt ein auffallend stärkeres Wachsthum der einen Seite. In Folge dessen tritt eine starke Krümmung des Schlauches ein und er legt sich häufig mit seiner concaven Seite (XXV. 16.) so eng an das Microsporangium an, dass er oft ganz von den aufklappenden Zellen der Microsporangiumhülle, durch welche er hindurchgetreten war, verdeckt wird. Dieser Umstand entzieht die Schläuche, wenn man sie nicht direct sucht, häufig der Beobachtung.

Das Antheridium theilt sich (XXVI. 11.) in zwei Zellen von ziemlich gleichem Volumen; dies geschieht dadurch, dass die Theilungswand (cd.) eine gegen die Grundfläche des Antheridiums (ef.) geneigte Lage hat. Während sie nämlich die convexe Seite des Schlauches etwa in der Mitte der Höhe des Antheridiums trifft, schneidet sie die concave Seite ganz in der Nähe der Grundfläche. Hin und wieder ist die Neigung dieser Wand von vorn nach hinten sogar so stark, dass sie noch ein Stück der Grundfläche abschneidet (XXV. 15. 16.).

Die beiden Antheridien-Zellen bilden ihren Inhalt gleichmässig aus. Er zieht sich von der Wand zurück und gestaltet sich zu einem ziemlich scharf umschriebenen, meist in den engen Win-

kel der Antheridienzelle spitz verlaufenden Klumpen (XXV. 15.), neben welchem noch ein zweites kleineres bläschenartiges Gebilde liegt (XXVI. 11.). Bald bemerkt man in dem Klumpen jeder Antheridienzelle Trennungslinien auftreten; erst nach einer, dann nach einer zweiten, zur ersten senkrechten Richtung. Sie deuten eine Theilung des Klumpens in 4 Theile an.

Kurz darauf brechen die Antheridienzellen zugleich oder nach einander auf und dies geschieht immer in höchst regelmässiger Weise durch einen Querriss, welcher, an der convexen Seite beginnend, sich ringsherum mehr oder weniger weit bis fast an die concave Seite erstreckt. Hier aber bleiben die beiden durch den Riss getrennten Stücke noch mit einander in Verbindung (XXV. 14., XXVI. 12. 13.).

Nun tritt der getheilte aber noch zusammenhängende Klumpen aus dem Antheridium hervor, indem er das obere Stück der gesprengten Antheridienzelle deckelartig aufhebt, und zerfällt sogleich, nachdem er hervorgetreten ist, in vier isolirte und mit grosser Schnelligkeit entweichende Spiralfadenzellen (XXVI. 13.).

Bei ihrem Hervortreten aus der Antheridiumzelle haften gewöhnlich die 4 Spiralfadenzellen noch einen Augenblick zusammen, bevor sie sich trennen und entweichen. Es sieht so aus, als ob sie von einer gemeinsamen Hülle oder Gallerte umgeben wären, aus der sie sich erst befreien müssen. Darauf deutet auch der Umstand hin, dass man, wenn die Spiralfadenzellen einzeln hervortreten — ein Fall welcher ebenfalls öfters eintritt — noch eine besondere Membran (XXVI. 12.) sieht, die sich unterhalb des Querrisses der eigentlichen Antheridium-Membran ausbreitet und eine kleine schnabelförmige Oeffnung für den Austritt der Spiralfadenzellen zeigt. Die kleinen Bläschen, welche neben dem Klumpen in jeder Antheridienzelle vorhanden waren, bleiben in der entleerten Antheridie zurück (XXVI. 12. XXV. 14.) und gehen mit den Membran-Resten derselben zu Grunde.

Dieses ist der normale und constante Vorgang bei der Bildung und dem Entweichen der Spiralfadenzellen von Salvinia. —

Hofmeister*) hat zuerst die Spiralfadenzellen der Salvinia

*) Vergleichende Untersuchungen, Seite 109, und Beiträge zur Kenntniss der Gefässcryptogamen. II., 1857. (Abhandl. der Sächs. Gesellschaft d. Wiss.) Seite 667.

genau beschrieben. Meine Beobachtungen stimmen hierin mit den seinigen überein.

Es sind sehr zartwandige Bläschen (XXVI. 13 XXV. 14a.), welche einen spiralig gewundenen, das Licht schwach brechenden Faden und ausserdem noch mehrere kleinere Stärkekörner enthalten.

Der Spiralfaden liegt im Inneren der Spiralfadenzelle einer Stelle ihrer Membran dicht an und trägt eine Anzahl äusserst zarter und langer Cilien (XXVI. 14).

Ich habe nicht gesehen, dass er die Zelle, in welcher er liegt — die Spiralfadenzelle — abstreift. Jedenfalls geschieht dies nicht vor seinem Eintritt in das Archegonium und es ist auffallend dass seine äusserst rasche Bewegung nicht durch die Zelle, in welcher er liegt, gehindert wird.

Ob seine Cilien oder sein äussert fein zugespitztes Ende aus der Spiralfadenzelle im unverletzten Zustande derselben frei hervorragen und die rasche Bewegung der Zelle, in welcher der Faden noch eingeschlossen erscheint, vermitteln, dies zu entscheiden, dazu reichen die mir zugänglichen optischen Mittel nicht aus.

Ueber die Entstehung der Schläuche und ihr Verhältniss zu den Microsporen ist es ziemlich schwer, eine klare Anschauung zu gewinnen, weil die scheinbar zellige Zwischenmasse, in welcher die Microsporen eingebettet sind (XXVI. 15.) und die geringe Grösse des Microsporangium einer genauen Zergliederung viel Hindernisse in den Weg legen.

Bei Anwendung von verschiedenen Reagentien, die die innere Structur des Microsporangiums deutlicher hervortreten lassen, ferner auf gelungenen Durchschnitten, sowie endlich, wenn man, wie dies Hofmeister gethan hat, die Microsporangien unter gelindem Drucke zu öffnen sucht, erhält man Bilder, welche es mir überaus wahrscheinlich machen, dass die Microsporen in den reifen und normal ausgebideten Microsporangien*) nicht einen unregelmässigen Haufen (XXVI. 15.) sondern, abgesehen von der Zwischenmasse, nur eine einschichtige Lage unmittelbar unter der Mi-

*) Diejenigen Abbildungen, welche innerhalb einer durchsichtigen Microsporangiumhülle einen Haufen von Microsporen zeigen, die das Centrum des Microsporangium einnehmen und nur wenig Zwischensubstanz aufweisen (z. B. Mettenius, Rhizocarpeen, Taf. I. Fig. 40.), gehören solchen Microsporangien an, deren Entwickelung eine Bildungshemmung erfahren hat. Die zuletzt im Herbst angelegten Früchte, die nicht mehr zur vollen Ausbildung gelangen, zeigen diese Zustände am häufigsten.

crosporangium-Hülle bilden. — Unzweifelhaft ist aber, dass die Schläuche aus einer Entwickelung der Innenzelle der Microsporen hervorgehen.

Die äussere Membran der Microspore klappt längs der bekannten drei leistenartigen Linien ihrer Oberfläche spaltenartig auf (XXV. 12.) und lässt die Innenzelle hervortreten. Diese durchbricht, sich zum Schlauche verlängernd, die Microsporangiumhülle unmittelbar an der Stelle, wo die Microspore lag, indem sie ohne die Zellen der Hülle zu zerreissen, zwischen ihren auseinanderweichenden Fugen hierdurch tritt.

Die getheilten Zellen, welche Hofmeister durch Herausdrücken aus dem Microsporangium gewonnen hat, und die man gewöhnlich nicht in unbeschädigtem Zustande aus den Microsporangien befreien kann (XXV. 13.), geben keine klare Anschauung von der Entwickelung des Antheridiums und der Spiralfadenzellen. Sie sind offenbar Jugendzustände der Schläuche und beweisen nur, dass die Theilungen der Schläuche und der Antheridien schon stattfinden, bevor der Schlauch noch aus dem Microsporangium hervorgetreten ist.

Die Befreiung der Samenfadenzellen aus den Antheridien findet jedoch nie durch eine blosse Zerstörung des Microsporangiums, sondern immer in der beschriebenen Weise durch das Hervortreten der Schläuche und das regelmässige Aufbrechen der Antheridienzellen Statt.

Eine Andeutung der hervortretenden Schläuche hat bereits Milde*) gegeben; jedoch steht seine Abbildung, sowie seine Beschreibung der Schläuche und der in ihnen vorhandenen Spiralfadenzellen mit meinen Beobachtungen nicht im Einklange. Er bildet 9 freie Spiralfadenzellen in einem ungetheilten Schlauche ab und erwähnt Nichts von dem eigentlichen zweizelligen Antheridium, in welchem die Spiralfadenzellen entstehen.

Nach der von mir beobachteten Entwickelung können aber nur 8 Spiralfadenzellen in einem Schlauche vorhanden sein, und eine Lagerung der Spiralfadenzellen in dem ungetheilten, sowie ihre Bewegung in dem noch ungeöffneten Schlauche, wie es Milde angiebt, wäre nur unter abnormen Verhältnissen möglich.

Allein noch viel früher hat Pietro Savi in einem kleinen,

---

*) Beiträge zur Keimung von Salvinia und Pilularia Nova Acta Acad. C. L. N. C. Vol. XXIII. P. II. pag. 642.

aber inhaltsreichen Aufsatze*), der eine grössere Würdigung, als ihm geworden ist, verdient hätte, die aus den Microsporangien von Salvinia hervortretenden Schläuche gesehen und abgebildet.

Wenn auch seine Beschreibung unseren jetzigen Anforderungen an Genauigkeit nicht mehr genügt, so hat er doch schon damals — im Jahre 1834 — die Existenz beweglicher Bildungen, die aus den Schläuchen hervortreten, constatirt und die Vermuthung ausgesprochen, dass sie in die Archegonien, die er gleichfalls wesentlich richtig erkannte, eintreten, und dort eine befruchtende Function ausüben. Ich habe in die Note unter dem Text**) die hierauf bezüglichen, wichtigsten Stellen seines Aufsatzes mit seinen eigenen Worten aufgenommen.

Die erste Entwickelung der Macrosporen, d. h. das Hervortreten der Proembryonen, bemerkte ich bei den in meinem Zimmer cultivirten Sporen wenig später, als die Entwickelung der Schläuche an den Microsporangien.

Beide nebeneinanderlaufende Erscheinungen konnte ich nachher bis Ende April an den verschiedenen Sporangien fortwährend beobachten.

Den Bau der Macrospore setze ich als aus den Untersuchungen von Mettenius und Hofmeister zur Genüge bekannt voraus, und kann mich daher hierüber ganz kurz fassen.

Es ist unzweifelhaft, dass der Proembryo im Inneren des Sporensackes (Embryosack, Schleiden) entsteht.

Das dicke, scheinbar zellige Exosporium bricht an seiner Spitze

*) Continuazione delle ricerche sulla fecondazione della Salvinia natans in: Nuovo giornale dei letterati Pisa. T. XXVIII. pag. 64.

**) Er sagt hierüber: I budelli articolati emessi da questi granelli pollinici (Microsporangien) contengono, come ho detto, granellini di grandezza differente, alcuni minutissimi e immobili, altri maggiori e mobili. Opino io che questi ultimi siano il resultato di un' ulteriore vegetazione, e sviluppo dei primi; per il che questi perfezionati acquistino il maximum dell' eccelenza dell' organismo, quella cioè che li rende capaci di fecondare i germi, e di riprodurre la specie. La deiscenza dei budelli e l'egresso ora velocissimo, ora lento dei granellini pollinici (die Samenfadenzellen) per un moto loro proprio è un fenomeno nuovo nella storia della fecondazione...... I germi poi li credo contenuti entro quelle borse (so nennt er die Archegonien) che ho descritto, e penso che dall' apertura circondata dalle quatro cellule, entrino i granellini pollinici e apportino la fecondazione. Una tale struttura mi pare in qualche modo analoga a quella che Mirbel osservò nei pistilli della Marchantia, nei quali pure trovasi una cavità sferica, o elittica, communicante all'esterno mediante un'apertura circondata da cellule disposte regolarmente....

mit drei Lappen auf; ebenso reisst die zellige Hülle, welche die ganze Microspore umgiebt.

Der Proembryo tritt (Fig. 1—4. Taf. XXVII.), nachdem er zuerst die innere, braune Membran des Sporensackes durchrissen hat, zwischen den Lappen des Exosporium hervor. Er ist, wie Durchschnitte (Fig. 1. und 2., Taf. XXIX.) zeigen, einer hin und wieder stellenweise schwach gelblich gefärbten, sonst glasshellen Membran (d. XXIX. 2.) fest aufgewachsen, welche sich tiefer nach unten an die braune Sporenmembran (c.) anlegt und hier als eine zweite, innere Schicht derselben erscheint.

Die Bildung der farblosen Schicht muss offenbar mit der Bildung der ersten Zelle des Proembryo zusammenfallen, denn auf Durchschnitten durch die noch ungeöffnete Macrospore sieht man den Proembryo in dem Raume zwischen den beiden Schichten der inneren Sporen-Membran, zwischen der braunen und der glashellen Schicht, sich ausbreiten. Abgesehen von der grosszelligen äusseren Hülle, (a. XXIX. 2.), welche die ganze Macrospore umgiebt, besitzt diese daher zu äusserst ein dickes, scheinbar kleinzelliges Exosporium (b) und eine zweite innere, die Höhle (S) des Sporensackes umkleidende Membran (c), welche letztere aber wieder aus zwei Schichten, einer äusseren bräunlichen (e) und einer inneren glasshellen (d), auf welcher eben der Proembryo festsitzt, besteht.

Dies wird zur Orientirung über die Lage dieser Theile genügen. Ausführlicher muss ich jedoch auf die Form des Proembryo und auf den Bau und die Stellung der Archegonien eingehen. —

Der zwischen den drei Lappen der Macrospore (l, l, l. XXV. 8.) hervortretende Proembryo hat eine im Grundriss etwa dreieckige Form (abc.). Von seinen drei Seiten entwickelt die eine (bc.) später ihre beiden Kanten b. und c., zu den beiden flügelartigen Fortsätzen des Embryo, welche längs der Macrospore herunter wachsen (2. 3. 5. 6. 8. 9. XXVII.).

Diese Seite bestimme ich als die Vorderfläche des Proembryo. Wie wir bald sehen werden, ist diese Bestimmung mit Bezug auf die Wachsthumsrichtung der jungen Pflanze, die sich aus dem Proembryo erhebt, getroffen.

Die beiden hinteren Seiten (ab. und ac.), die allmälig sich krümmend in einander übergehen, werde ich zusammen als die Hinterfläche des Proembryo oder seinen Rücken bezeichnen.

Eine Linie von der Mitte (d) der Vorderseite des Grund-

risses nach der Mitte (a) der Hinterfläche gezogen soll die Mittellinie und der wichtigste Schnitt durch den Proembryo, der Schnitt, welcher durch diese Mittellinie senkrecht auf die Grundfläche geführt wird, der **Mittelschnitt** heissen. —

Einen solchen Mittelschnitt stellt die Figur 1. Taf. XXIX. und die Fig. 9. Taf. XXV. där; wir sehen daher, dass der Proembryo an seiner Vorderfläche (bei d.) am höchsten ist und von hier aus allmälig nach hinten abfällt. Ebenso aber fällt er zugleich von dem Mittelschnitt aus nach beiden Seiten ab, so dass Schnitte durch ihn senkrecht gegen den Mittelschnitt und zugleich senkrecht auf der Grundfläche das Bild der Figur 10. Taf. XXV. geben.

Bei beginnender Entwickelung der flügelartigen Fortsätze der Vorderfläche hat daher die Macrospore (Taf. XXVII.) mit dem hervortretenden Vorkeime, je nachdem sie vom Rücken (Fig. 1.), von der Seite (Fig. 2.) oder von vorn (Fig. 3.) gesehen wird, ein ganz verschiedenes Aussehen, und der Proembryo selbst hat die Gestalt eines sattelförmig nach beiden Seiten abfällenden Hügels, der sich zugleich in der Richtung von hinten nach vorn allmälig erhebt. —

Die Archegonien liegen auf dem Rücken dieses Hügels (XXVII. 1.; XXV. 9. 11.); in seltenen Ausnahmen — worüber später Näheres — auch auf der Vorderfläche. —

Das erste Archegonium liegt immer im Mittelschnitte, also auf der Mittellinie des Rückens und zwar an einer Stelle (XXV. 9. XXIX. 1, m.) unmittelbar vor der Vorderfläche. Dieses erste Archegonium nimmt daher fast die höchste Stelle am Proembryo ein. Wie aber die Vorderfläche ihre beiden Kanten später nach unten in die beiden flügelartigen Fortsätze verlängert, so wächst sie später auch an ihrer Spitze noch in die Höhe. Hierdurch bekömmt der Vorkeim auf dem Mittelschnitte die Form der Figur 11. Taf. XXV. und das erste Archegonium erscheint hierdurch weiter nach hinten und zugleich tiefer gerückt. —

Ausser diesem ersten Archegonium treten noch andere auf. Ohne Ausnahme noch zweie, welche auf den beiden abfallenden Seiten des Proembryorückens rechts und links von dem ersten Archegonium liegen (XXVII. 1.).

Diese drei Archegonien, welche regelmässig auf dem Proembryo auftreten, fallen aber in eine über den Rücken desselben verlaufenden Linie, welche ungefähr parallel dem Umrisse der Vorderfläche ist (XXVII. 1.).

Daher lässt sich etwa senkrecht zum Mittelschnitt (9. XXV.) ein Schnitt (10. XXV.) durch den Proembryo führen, welcher diese drei Archegonien auf einmal bloss legt. —

Wenn, was der gewöhnliche Fall ist, eines dieser drei Archegonien befruchtet wird, dann wird durch die rasch eintretende Entwickelung des Embryo die weitere Ausbildung des Proembryo gehindert und die Anzahl der gebildeten Archegonien bleibt auf die Dreizahl beschränkt. Tritt jedoch keine Befruchtung ein, so entwickelt sich der Proembryo noch weiter. Es wächst nämlich das vordere Stück zwischen der ersten Archegonienreihe (a. XXVII. 2.) und der Vorderfläche (d) noch bedeutend und in diesem Stück bildet sich nun parallel zur ersten eine zweite, dann auch eine dritte und vierte Archegonienreihe aus (XXVII. 4.). Die späteren Reihen haben, da der Proembryo nach vorn immer mehr an Breite gewinnt, auch mehr als 3, bis 7 und mehr Archegonien; immer aber kann man erkennen, dass sie in unter einander etwa parallelen Reihen auf dem Rücken des Proembryo angeordnet sind und dass in jeder Reihe die am höchsten, d. h. auf der Mittellinie des Rückens liegenden Archegonien die ältesten sind. —

In sehr seltenen Fällen — unter mehreren Hundert an zweien — habe ich an übermässig erwachsenen, *unfruchtbaren* Proembryonen auch auf der Vorderfläche Archegonien gefunden. Im Freien werden derartige Proembryonen offenbar häufiger vorkommen, als es bei meinen Culturen der Fall war, bei welchen ich die Befruchtung absichtlich möglichst erleichterte.

Jedes Archegonium, gleichviel wo und in welcher Reihe es liegt, hat aber eine mit der Längsrichtung des Proembryo von hinten nach vorn gleichlaufende Streckung seiner Centralhöhle.

Auf allen Schnitten durch den Proembryo, die dem *Mittelschnitte parallel* sind und die ein Archegonium treffen, bildet die Centralzelle desselben — wenn das Archegonium erwachsen ist — daher immer einen Sack, der sich von der Mündung nach vorn, nämlich nach der Vorderfläche des Proembryo hin, erstreckt (Fig. 9. Taf. XXVI., Fig. 1—3. Taf. XXVIII., Fig. 1. Taf. XXIX. etc.). Während auf gegen die Mittelebene senkrechten Schnitten, die, richtig geführt, auf einmal eine ganze Archegonienreihe — in dem gewöhnlichen Falle der Dreizahl der Archegonien also dreie — durchschneiden, die Centralzelle wie ein nach allen Seiten gleich weiter Sack unterhalb der Mündung des Archegoniums erscheint (XXV. 10.).

Dieser Bau der Centralhöhle des Archegoniums wird für die Orientirung über die Theile des Embryo wichtig, denn seine Abhängigkeit von der äusseren Form des Proembryo gestattet es, die Schnitte durch die Macrospore nicht aufs Gerathewohl, sondern mit Rücksicht auf eine verlangte Anschauung in ganz bestimmter Richtung durch den Embryo zu führen. —

Bevor ich jedoch auf diese Beziehungen weiter eingehe, verlangt der Bau und die Entwickelung der Archegonien selbst noch einige nähere Andeutungen. Es ist bekannt, das das Archegonium von einer im Inneren des Vorkeims verborgenen Centralzelle (c. Fig. 9. Taf. XXVI.) gebildet wird, auf welche ein von vier übers Kreuz gestellten Zellen umgebener, offener Kanal hinführt (XXIX. 3. 4., XXVI. 9.).

Diesen Kanal fand ich in allen von mir untersuchten Fällen nur von der Höhe einer einzigen Zelllage. In seltenen Fällen soll nach Hofmeister dieser Kanal länger sein und die Centralzelle dann nicht, wie gewöhnlich, unmittelbar unterhalb der obersten Zelllage des Proembryo, sondern tiefer in seinem Inneren verborgen liegen. Mir sind solche Archegonien nicht vorgekommen. —

Die Entstehung des Archegonium-Kanales bei Moosen und Farrnkräutern führt Hofmeister bekanntlich darauf zurück, dass entweder die Zellen des Archegonienhalses mit ihren inneren Berührungskanten auseinanderweichen, und so zwischen ihnen ein Hohlraum entsteht, oder dass ein ursprünglich vorhandener, mittterer Zellstrang des Halses später resorbirt wird.

Für Salvinia speciell giebt er an*), dass die vier Schlusszellen des Archegoniums auseinanderweichen und den Kanal zwischen sich bilden.

Mettenius, der, soviel ich weiss, zuerst durch die gründlichere Darstellung des Baues der Archegonien der Farrnkräuter den Nachweis geführt hat, dass die Angaben von Suminski über die directe Verwandlung der Samenfäden in die Embryoanlage auf der Verwechselung des veränderten Kanal-Inhaltes mit Samenfäden beruhen**), giebt doch selbst nichts Bestimmtes über die Ent-

*) Beiträge zur Kenntniss der Gefässcryptogamen. Leipzig 1857. Keimung von Salvinia natans, Seite 666.

**) Beiträge zur Botanik, Seite 21 ff. Dass Suminski durch diese Verwechselung getäuscht wurde, geht aus seinen Zeichnungen: Zur Entwickelungsgeschichte der Farrnkräuter, Berlin 1848. Taf. III. Fig. 3. 4. 6., wo die Spiralfäden in den geschlossenen Archegonien gezeichnet werden, mit Evidenz



wickelung des Archegonium-Kanales und seines Inhaltes an und sagt nur, dass er seine Entstehung nicht habe verfolgen können.

Was speciell den Bau der Archegonien von Salvinia betrifft, so führt er noch besonders an*), dass ihre vier oberflächlichen Zellen nicht selten in Papillen auswachsen und durch Querwände in zwei übereinander stehende Zellen abgetheilt werden; eine Angabe, die mit einer gleichen bei Hofmeister**) übereinstimmt. Meine Wahrnehmungen hierüber weichen jedoch hierin von denen der genannten Forscher ab und ich glaube diesen Widerspruch durch die Vermuthung lösen zu können, dass jenen Angaben wahrscheinlich die nicht genügend verfolgte Beobachtung des eigentlichen, bisher übersehenen Halses der Archegonien von Salvinia zu Grunde liegt.

Die Entstehung des Archegonium-Kanales fällt aber mit der Bildung eben dieses Halses zusammen. —

Die Archegonien der Salvinia haben nämlich ganz wie die Archegonien der anderen Farrnkräuter einen zwar niedrigen, aber deutlich ausgebildeten, freien Halstheil, welcher in Form einer kleinen, kuppelartig sich oben zusammenschliessenden Erhebung auf den vier bekannten Schlusszellen des Archegoniums aufsitzt — (Fig. 1. 2. Taf. XXVI.). Dieser ganze Halstheil wird später noch vor dem Eintreten der Samenfäden vollständig abgeworfen. Er besteht aus 4 Reihen von je 2, manchmal 3 übereinanderstehenden Zellen, von denen eine jede Reihe je auf einer der 4 Schlusszellen aufsitzt (3. 4. XXIX.).

Die Zellen des Halses nehmen, je höher nach der Spitze, immer mehr im Durchmesser ab (2. 5. 7. XXVI.); dadurch erhält der Hals seine eigenthümliche Gestalt und daher rühren die mehrfachen Kreise, die man sieht, wenn jugendliche Archegonien von oben betrachtet werden (4. XXIX.).

Ebenso rührt der Kreis (a. 3. XXIX.) auf der Oberfläche der gebräunten Schlusszellen alter Archegonien — die ihren Halstheil

---

hervor. Wer diese Zustände noch nicht aus der Natur kennt, der vergleiche nur diese Bilder mit der Zeichnung von Mettenius (Beiträge zur Botanik, Taf. III. Fig. 18.) und der dort von ihm gegebenen Erklärung dieser Figur. Zu diesem Irrthum wurde Suminski durch einen zweiten Irrthum inducirt, indem er nämlich annahm, dass der Halstheil der Archegonien erst nach erfolgter Befruchtung entstehe.

*) Ebendaselbst Seite 5.

**) a. a. O. Seite 666.

bereits abgeworfen haben — von dem Abdrucke der Ansatzstelle der untersten Zellen des Halses her. —

Dem frühen Abwerfen des Halses — eine Erscheinung, welche ja wenigstens theilweise auch bei Equisetum eintritt — geht hier immer eine Bräunung der oberen Membran der Schlusszellen, auf welchen der Hals aufsitzt, vorher (1. 2. XXVI.); während dann die Bräunung weiter vorschreitet und sich noch über die inneren Membranen der Schlusszellen ausbreitet, schlagen sich die vier Zellreihen des Halses zurück (8. XXVI.) und bleiben noch eine Zeit lang im zurückgeschlagenen Zustande an der Oberfläche der Schlusszellen haften, bis sie endlich ganz abfallen. Man findet noch spät vor der tief gebräunten Mündung alter Archegonien einzelne dieser Zellen, deren Bedeutung mir Anfangs ganz dunkel war und die leicht zu falschen Vermuthungen führen können, liegen (XXVI. 9).*)

Noch bevor der Halstheil abgeworfen ist, sieht man aber, dass die vier grossen Zellen, auf welchen der freie Hals aufsitzt und die nach seiner Abwerfung zu den Schlusszellen werden, von einer Zelle, die sich zwischen sie gedrängt hat, auseinander getrieben werden (XXVI. 1. 2.).

Diese Zelle, die ich die Canalzelle nenne, erstreckt sich bis in den freien Hals hinein. Wird dieser dann abgeworfen, so öffnet sie sich und lässt ihren körnigen und schleimigen Inhalt, ähnlich wie es die Oogonien von Vaucheria thun, hervortreten.

Auch bei anderen Rhizocarpeen und Farren ist man schon hier und da auf eine vor der Mündung geöffneter Archegonien befindliche, schleimig körnige Masse, die zu irrigen Vorstellungen Veranlassung gegeben hat, aufmerksam geworden. Ihr Ursprung dürfte überall derselbe sein. Ob sie das Anhaften und Festhalten ankommender Samenfäden erleichtert oder bewirkt, ist durch Beweise kaum zu belegen.

---

*) Es ist mir kaum fraglich, dass es diese Zellen sind, welche Mettenius (Rhizocarpeen Seite 36. Taf. II. Fig. 1. u. 2.) im Anschluss an die Anschauung von Schleiden für die Microsporen (Pollenkörner) gehalten hat. Doch kommer unter diesen Zellen auch unzweifelhafte Spiralfaden-Mutterzellen vor. Ueberhaupt sind die Bildungen von bestimmter und unbestimmter Form, die man vor der Mündung geöffneter Archegonien liegen sieht, dreierlei verschiedenen Ursprungs. Die bestimmt geformten Zellen sind nach dem, was so eben gesagt wurde, entweder abgeworfene Zellen des Archegoniumhalses oder Mutterzellen der Spiralfäden. Die Massen kleiner Körper von unbestimmter Gestalt, die oft Molecularbewegung zeigen, aber — wie ich oben im Text noch weiter ausführen werde — aus der Centralzelle des Archegoniums ausgetretener Zellinhalt.

Bemerkenswerth ist aber, dass der Inhalt in der noch geschlossenen Canalzelle eine Streifung oder Gruppirung in Reihen zeigt (XXVI. 1.), welche auffallend an jene Beschaffenheit des Inhalts in der Spitze der Embryobläschen der Phanerogamen erinnert, welche Schacht veranlasst hat, demselben den Namen des Fadenapparates beizulegen.

Die Entwickelung der Canalzelle nun und ihre Beziehung zur Centralzelle des Archegoniums einerseits und anderseits zur Bildung des freien Halstheils, ist aber folgende:

In frühen Zuständen findet man bekanntlich — wie dies Hofmeister gezeigt hat — die Centralzelle als eine grössere, inhaltsreiche Zelle unmittelbar unter vier Zellen liegen, die der äussersten Zelllage des Proembryo angehören und von denen man auf der Durchschnittsansicht natürlich nur zweie auf einmal sehen kann. —

In diesem Zustande (3. XXVI.) ist also von dem freien Halstheil, welcher sich erst später bildet, noch keine Spur vorhanden.

Jene ersten vier Deckzellen des Archegoniums werden aber bald darauf durch gegen die Achse geneigte Wände (a in 4. XXVI) in vier innere und vier äussere Zellen getheilt. Die Theilungswand ist in jeder der vier Zellen von innen und unten nach oben und aussen gerichtet. Die äusseren Zellen (c) theilen sich nicht mehr; in den inneren, keilförmrg nach oben sich erweiternden Zellen erfolgt dagegen später noch eine (b. 4. XXVI) und hin und wieder noch eine zweite Theilung durch Wände, die der ersten parallel sind. —

Die äusseren, nach unten breiteren Tochterzellen der ursprünglichen vier Deckzellen (c. 4. XXVI) — in welchen keine weitere Theilung mehr stattfindet — werden zu den späteren Schlusszellen des reifen Archegoniums.

Die inneren, nach unten sich verschmälernden Zellen — in welchen noch eine Theilung erfolgt war — werden zum freien Halstheil des Archegoniums, und dies geschieht dadurch, dass sie von der inzwischen im Innern der Centralzelle entstandenen Canalzelle (d. 4. XXVI) in die Höhe gehoben werden.

Ob diese eine frei entstandene, oder durch Theilung gebildete Tochterzelle der Centralzelle ist, ist schwer zu sagen, wenn man nicht Vermuthungen für Thatsachen ausgeben will.

Gewiss ist nur, dass während der Zeit, während welcher die Theilung in den Deckzellen stattfindet, zugleich in dem Scheitel

der Centralzelle eine ihn — den Scheitel — ausfüllende Zelle auftritt, die einen deutlichen Cytoblasten besitzt und durch eine scharfe Grenzlinie gegen den unteren Raum der Centralzelle abgegrenzt ist (3. 4. XXVI).

Ebenso gewiss ist aber auch der fernere Verlauf, dass diese Zelle nämlich allmälig nach oben in einen konischen Zapfen auswachsend (5. 6. 1. 2. XXVI), das über ihr liegende Mittelstück der vier Deckzellen mit den in demselben gebildeten, nach oben sich erweiternden Tochterzellen, in die Höhe hebt und so zwischen die äusseren Tochterzellen der Schlusszellen sich hindurchdrängend, zur Canalzelle wird und dass sie endlich nach dem bereits beschriebenen Abwerfen des so entstandenen Halstheils sich öffnet und ihren Inhalt heraustreten lässt.

In Folge dieses eigenthümlichen Wachsthumsvorganges sind daher die zuerst sich bräunenden oberen Wände der späteren Schlusszellen (1. 2. XXVI) — soweit nämlich bei entwickeltem Archegonium der Halstheil auf ihnen aufsitzt — ursprünglich die inneren Seitenwände derselben (a. 4. XXVI) gewesen, während die späteren inneren Seitenwände derselben ursprünglich einen Theil der Basis der Deckzellen gebildet haben.

Wie verhält sich aber bei diesem Hervorwachsen der Canalzelle die Membran der Centralzelle?

Da es gewiss ist, dass die Canalzelle im Innern der Centralzelle entsteht, so muss die Membran der letztern, worüber die Beobachtung allerdings keinen ganz sicheren Aufschluss giebt, entweder mit in die Höhe wachsen oder durchbrochen werden.

Aus manchen Erscheinungen, die bei Störung der normalen Inhaltsordnung eintreten, vermuthe ich das Erstere.

Unzweifelhaft ist aber offenbar, dass, nachdem die Canalzelle sich geöffnet hat und ihr Inhalt herausgetreten ist, auch die Membran der Centralzelle zerrissen sein muss, gleichgültig, ob sie den sich kegelartig erhebenden Zapfen der Centralzelle überzieht oder schon früh von demselben durchbrochen wurde. —

Es finden daher die Samenfäden, wenn sie nach Zerstörung der Canalzelle in den entstandenen Archegonium-Canal eintreten, die Membran der Centralzelle nicht etwa als eine die Basis des Canals verschliessende und ihrer Vereinigung mit dem Inhalte der Centralzelle hinderliche Membran vor. —

Nach Allem, was ich gesehen habe, muss ich ferner annehmen, dass der ganze Inhalt des unteren Raumes der Centralzelle — d. h.

also desjenigen Raumes, welcher durch die scharfe Grenzlinie von der entstehenden Canalzelle abgeschlossen ist — zu einer durch die Samenfäden zu befruchtenden Befruchtungskugel wird.

Wird die Centralzelle noch ungeöffneter Archegonien durch den Schnitt verletzt oder die normale Inhaltsanordnung gestört, so sieht man, was hier beiläufig bemerkt werden mag, den Inhalt der Canalzelle in zwei verschiedene Massen sich sondern (XXVI. 1), in einen grossen fadig-schleimigen Klumpen, der die ganze Spitze ausfüllt, und einen kleineren, tiefer liegenden Klumpen, welcher der veränderte Zellkern der Canalzelle zu sein scheint. Unterhalb der Canalzelle sieht man aber den Inhalt des unteren Raumes der Centralzelle immer als eine einzige Masse, die den ganzen Raum der Centralzelle ausfüllt und, wo sie sich von der Wand ablöst, erkennen lässt, dass ihre peripherische Umgrenzung von einer eigenthümlich gallertartig aufquellenden Substanz gebildet wird.

Diese ganze Masse halte ich für die Befruchtungskugel.

Ein besonderes Embryobläschen, welches in diesem unteren Raume der Centralzelle entsteht und allmälig wachsend den ganzen Inhalt derselben verdrängt, habe ich nie gesehen, und die erste Zelle des Embryo füllt nach der Befruchtung jedesmal, so frühe Zustände man auch aufsucht, immer den ganzen Raum der Centralzelle vollständig aus.

Die Zelle aber, welche Hofmeister bei Salvinia als Embryobläschen in Anspruch nimmt, ist die zur Canalzelle werdende Tochterzelle der Centralzelle.

Kurze Zeit nachdem die Canalzelle sich entleert hat, beginnen die umgebenden Schlusszellen sich wieder nach Innen auszudehnen, und hierdurch verengt sich — gleichgültig ob inzwischen die Befruchtung erfolgt ist oder nicht — der ursprünglich ziemlich weite Canal bis auf das geringe Lumen, welches er bei alten, geöffneten Archegonien (XXVI. 9. XXVIII. XXIX.) zeigt.

Ich will an dieser Stelle die Frage nicht weiter untersuchen, in wie weit die Bildungsvorgänge des Archegoniums von Salvinia, namentlich die Wachsthumserscheinungen der Centralzelle, und die Bildung und Entleerung der Canalzelle, eine allgemeinere Gültigkeit haben und gehe unter blossem Hinweise auf die Analogie mit dem Oogonium von Coleochaete einerseits und den sogenannten Embryobläschen der Phanerogamen anderseits, sogleich zu der Darstellung der Theilungsfolge über, welche nach der Befruchtung in der ersten Zelle des Embryo eintritt, um

zu untersuchen, ob diese von den Theilungsvorgängen in der Scheitelzelle des Stengels — die wir bereits kennen gelernt haben — abweicht oder mit ihnen übereinstimmt.

Es ist bereits angeführt, dass die Archegonien ohne Ausnahme eine bald mehr bald minder stark ausgeprägte, aber immer deutliche Längsstreckung ihrer Centralzelle in der Richtung von hinten nach vorn am Vorkeime zeigen. Auf Schnitten durch den Vorkeim, die dem Mittelschnitte parallel geführt werden, erscheint demnach die Centralzelle als eine bauchartige Aussackung, die sich im Gewebe des Proembryo vom Rücken und hinten nach vorn und unten erstreckt (9. 11. XXV.). Die Spitze der Centralzelle (XXVIII. 1—9. XXIX) sieht also nach der Vorderfläche; ihre Basis, an welcher die gebräunten Schlusszellen liegen, nach dem Rücken des Proembryo.

Die Centralzelle wird — wie gleichfalls bereits erwähnt — nach der Befruchtung von der ersten Zelle des Embryo ganz ausgefüllt. Die erste Theilung in dieser erfolgt nun immer durch eine Wand, welche das hintere Stück der Centralzelle, an welchem die Archegonium-Mündung befestigt ist, von ihrem vorderen, meist grösseren Stücke scheidet (a in Fig. 1. XXVIII).

Diese Wand schneidet nämlich oben, gewöhnlich unmittelbar an der Mündung des Archegoniums oder nur in geringer Entfernung von derselben ab. Sie ist senkrecht zum Mittelschnitte und fast senkrecht gegen die Basis des Proembryo. —

Von den beiden Zellen des nun zweizelligen Embryo theilt sich die grössere, den ganzen Vordertheil des Archegoniums ausfüllende (v in Fig. 1 Taf. XXVIII) durch eine Wand, welche zur ersten etwa senkrecht und zugleich der Basis des Proembryo etwa parallel ist (2 in Fig. 2 Taf. XXVIII).

Theilt man den Winkel, welchen diese beiden ersten Theilungswände des Embryo mit einander machen — wobei er gerade in der Mitte durchschnitten gedacht wird — durch eine Linie, so ist diese Linie (cd. Fig. 2. Taf. XXVIII) die Wachsthumsachse der entstehenden jungen Pflanze, gegen welche, wie wir im ersten Theile dieses Aufsatzes gesehen haben, die Theilungswände der Scheitelzelle eine bestimmte Lage bewahren. —

Die untere der beiden vorderen Zellen des Embryo (v. 2. XXVIII) erkennt man nun als seine Scheitelzelle, die beiden durch die ersten Theilungen abgeschnittenen Stücke des Embryo (I. u. II in 2. XXVIII) als das erste und zweite Stengelsegment.

In der Scheitelzelle des jungen Embryo setzt sich nun die Theilung nach dem früher für die Scheitelzelle von Salvinia beschriebenen Gesetze abwechselnd nach zwei Richtungen des Raumes fort, wodurch die folgenden Segmente (III u. IV. Fig. 3 Taf. XXVIII.) gebildet werden.

Wenn dies so ist, d. h. also, wenn die vordere und untere der drei Zellen (v. 2. XXVIII) wirklich die Scheitelzelle der entstehenden Pflanze wird, so ist klar, dass wir die befruchtete, erste Embryozelle schon als die erste Scheitelzelle der Pflanze zu betrachten haben, deren Achsenrichtung natürlich erst aus der Lage der beiden ersten Theilungswände erkannt werden kann.

Indem nun der Embryo sehr stark an Umfang gewinnt (4. 6. 7. 9. Taf. XXVIII), durchbricht er, wie bekannt, den Vorkeim (XXIX. 2) und tritt als eine gestielte, auf dem Wasser schwimmende Scheibe (XXVII 7. 5. 6) zu Tage. —

Diese lässt drei verschiedene Stücke unterscheiden.

Einen im Proembryo festsitzenden und von der Spore aus in die Höhe strebenden cylindrischen Stiel (XXVII. 5a. 6a. 7a.) — Stielchen nach Bischoff —.

Dann eine vorn tief ausgeschnittene, und daher zweilappige Scheibe (b) — Schildchen nach Bischoff —, in welche das Stielchen auf der Unterseite und zwar unmittelbar vor der tiefsten Stelle der Ausbuchtung mündet.

Drittens eine noch sehr junge Knospe (c), welche in dem Winkel liegt, welchen Stielchen und Schildchen vorn mit einander bilden und die, wenn man den jungen Embryo von oben ansieht (XXVII. 5), Anfangs noch von dem Schildchen verdeckt ist.

Diese Knospe entwickelt sich später zu dem horizontal auf dem Wasser niederliegenden Hauptstengel (XXVII. 5. 6. 8. 9) und das Schildchen (b) ist daher mit seinem Ausschnitte, den ich deshalb auch den Vorderrand nenne, der Wachsthumsrichtung des Hauptstengels zugekehrt. Die constante Lage des Embryo im Proembryo ist nun dahin bestimmbar, dass sein Schildchen und die darunter verborgene Terminalspitze nach der Vorderseite, das Stielchen nach der Hinterseite des Proembryo hinsieht (XXIX. 2. XXVII. 7). Es ist daher seine Wachsthumsrichtung parallel dem Mittelschnitte und die Bezeichnung von vorn und hinten fällt bei ihm mit vorn und hinten am Proembryo, wie ich dieselbe gewählt habe, zusammen*).

---

*) Schon Mettenius (Rhizocarpeen Seite 38) hat diese constante Richtung

Schon im Proembryo lassen sich daher die Theile des Embryo und die künftige Wachsthumsrichtung der jungen Pflanze nach ihrer Lage zu den Mündungs- oder Schlusszellen des Archegoniums bestimmen. Denn diese liegen, wie aus dem Vorhergehenden folgt, ohne Ausnahme an der Hinterfläche des Embryo (XXIX. 2; XXVII. 7. 6.), d. h. an der der Wachsthumsrichtung der jungen Pflanze abgekehrten Seite des Stielchens.

Betrachten wir nun eine grössere Reihe von Proembryo-Durchschnitten (XXVIII; XXIX; XXVII. 7), welche verschieden weit entwickelte Embryonen zeigen und die sämmtlich so geführt sind, dass sie Mittelschnitte oder doch diesem parallele Schnitte durch den Proembryo darstellen, so sieht man, unter Berücksichtigung der angegebenen Lagerung der Theile gegen einander, sofort, dass das Stielchen aus dem ersten Stengelsegment (I in XXVIII. 1 und 2), das Schildchen aus dem zweiten Stengelsegment (II in XXVIII. 2) und die Knospe aus der Scheitelzelle (v, in XXVIII. 2) hervorgeht.

Wir sehen ferner, dass der Embryo vorwiegend durch das Wachsthum seines Stielchens und Schildchens — d. h. also durch die bedeutende Zellvermehrung in seinen beiden ersten Segmenten (XXVIII. 1—7) den Proembryo sprengt und dass dies in einem Risse geschieht, welcher (XXIX. 2) den Rücken und die Vorderfläche des Proembryo von einander trennt, die dann beide als zwei vertrocknende Lappen erscheinen (XXVII. 5. 6. 8. 9), zwischen welchen das Stielchen hervortritt.

Von diesen Lappen hat, wie aus dem Früheren folgt, der mit den Mündungszellen des Archegoniums versehene, den Rücken, der andere die Vorderfläche des Proembryo, gebildet.

Gegenüber dieser raschen Zellvermehrung in den ersten Stengelsegmenten des Embryo bleibt die Entwickelung seiner Scheitelzelle (v in XXVIII. 1—7) zum Vegetationskegel und somit zur Terminalknospe der jungen Pflanze bedeutend zurück; erst, nachdem diese aus dem Proembryo sich befreit hat, beginnt der Vegetationskegel sich in immer steigendem Grade rascher zu der ihm normalen Höhe (XXIV. 1—4) zu entwickeln, die er dann schon nach Anlegung des vierten oder fünften Internodiums erreicht und behält.

---

des Embryo im Proembryo richtig erkannt; ich bemerke jedoch, um Missverständnisse zu beseitigen, dass er diejenige Seite des Proembryo, die ich, der Uebereinstimmung mit der Wachsthumsrichtung des Embryo zu Liebe, die Vorderseite genannt habe, sich nach hinten gerichtet denkt.

Verfolgen wir zunächst die junge Pflanze noch weiter in ihrer Entwickelung bis zur Anlegung der ersten normalen Blattquirle, so sehen wir schon äusserlich an ihren unteren Theilen nicht unwesentliche Abweichungen von dem Verhalten auftreten, welches wir im ersten Abschnitte dieser Abhandlung beschrieben haben. Dies gilt nicht etwa blos von dem Schildchen, dessen Gestalt so auffallend von den Blattgestalten der Salvinia abweicht, sondern auch von den höher an der Pflanze auftretenden Seitenorganen. —

Während diese nämlich, wie wir jetzt wissen, dreigliedrige Quirle bilden, sehen wir, dass gewöhnlich die beiden auf das Schildchen folgenden Knoten keimender Pflänzchen (I u. II in Fig. 8 u. 9 Taf. XXVII) nur je ein Blatt und zwar nur ein Luftblatt erzeugen*), und dass erst der dritte Knoten hinter dem Schildchen einen dreigliedrigen Quirl, aus zwei Luftblättern und einem Wasserblatte bestehend, hervorbringt.

Allein auch dieser Quirl ist noch nicht regelmässig. Sein Wasserblatt (W. in Fig. 9 Taf. XXVII) besteht nämlich nur aus einem e i n z i g e n Zipfel.

Von nun an entwickeln die folgenden Knoten zwar regelmässig drei Seitenorgane — zwei Luftblätter und ein Wasserblatt —, aber dieses letztere erreicht nur allmälig seine normale Ausbildung, indem es in den aufeinanderfolgenden Quirlen immer m e h r z i p f l i g e r wird, bis es endlich an den höheren Blattknoten die Normalzahl der Zipfel erreicht. —

Hierbei wird jedoch nicht immer genau dieselbe Aufeinanderfolge eingehalten, sondern es machen sich Schwankungen in der Entwickelungsfolge bemerkbar, die mehrere Gänge unterscheiden lassen. —

Wenn wir die Knoten der Reihe nach, wie sie von unten nach oben an der Pflanze folgen, nummeriren und mit dem Schildchen beginnen, so lassen sich, wenn man nur die Anzahl und Beschaffenheit der Blätter, die jedesmal am Knoten auftreten, berücksichtigt, folgende Fälle genauer feststellen:

Erstens der häufigste (A):

I. Schildchen,

II. ein Luftblatt,

---

*) Diese Thatsache allein wiederlegt schon die Ansicht von M e t t e n i u s, dass jeder Zweig der Pflanze ein Internodium lang wird und seine Spitze in den Fruchtstand umbildet.

III. ein Luftblatt,

IV. dreigliedriger Quirl = { einzipfliges Wasserblatt u. 2 Luftblätter,

V. dreigliedriger Quirl = { zweizipfliges Wasserblatt und 2 Luftblätter,

VI. dreigliedriger Quirl = { dreizipfliges Wasserblatt und 2 Luftblätter.

Und so weiter von nun an immer regelmässig dreigliedrige Quirle aus zwei Luftblättern und einem Wasserblatte, welches, bis es die Normalzahl der Zipfel erreicht, an jedem folgenden Knoten immer einen Zipfel mehr erhält. — Die Pflänzchen 8 und 9 Tafel XXVII. stellen diesen Entwickelungsgang bis IV. dar.

Zweitens der minder häufige (B):

I. Schildchen,

II. ein Luftblatt,

III. zweigliedriger Quirl aus zwei Luftblättern bestehend,

IV. dreigliedriger Quirl = { einzipfliges Wasserblatt und 2 Luftblätter.

V. VI. und folgende, wie unter A.

Drittens der gleichfalls seltenere (C):

I. Schildchen.

II. ein Luftblatt,

III. ein Luftblatt,

IV. zweigliedriger Quirl aus zwei Luftblättern bestehend,

V. dreigliedriger Quirl = { einzipfliges Wasserblatt und 2 Luftblätter.

Von nun an weiter wie unter A und B dreigliedrige Quirle mit zunehmender Vervollkommnung des Wasserblattes.

In den drei unter A. B. C. dargestellten Gängen lassen sich noch zwei untergeordnete Fälle in Bezug auf die Wendung der Blattstellung unterscheiden, je nachdem die Pflanze nämlich mit einem rechts- oder mit einem linksläufigen Quirle beginnt. Sie unterscheiden sich sofort dadurch, dass in dem einen Falle das erste einzeln stehende Luftblatt (II. unter A. B. C.) links (XXVII 9), in dem andern Falle, dagegen (XXVII. 8) rechts steht.

Da aus dem Vorhergehenden bereits bekannt ist, dass die Quirle der aufeinanderfolgenden Knoten nicht nur mit ihren Gliedern

alterniren, sondern auch entgegengesetzte Wendung haben, so ist hierdurch die Stellung und Wendung aller folgenden Quirle bestimmt.

Nach meinen bisherigen Beobachtungen treten beide Fälle gleich häufig auf, dass heisst es kommen, wie es scheint, gleich viel Keimpflänzchen mit erstem rechtsläufigen, als solche mit erstem linksläufigen Quirle vor.

Die wachsende Vervollkommnung des Wasserblattes schreitet jedoch in den aufeinander folgenden Quirlen nicht immer so regelmässig fort, als es die unter A und B. Seite 527 u. 528 angeführten Schemata aufweisen.

Häufig folgt auf den Quirl mit dem einzipfligen Wasserblatte — IV. unter A und B — noch ein oder selbst mehrere Quirle mit Wasserblättern, die wieder nur einzipflig sind und dann folgen erst die Quirle mit den zwei- und mehrzipfligen Wasserblättern.

Ebenso können auch in den folgenden Quirlen einzelne vom Wasserblatte erreichte Stufen der Ausbildung sich in mehreren aufeinanderfolgenden Quirlen wiederholen, bevor die nächst höhere Stufe auftritt.

Hierdurch wird die endliche Erreichung der Normalbildung nur länger aufgehalten*).

Bezüglich der Fruchtbarkeit des Wasserblattes endlich muss hier gleichfalls bemerkt werden, dass, soweit meine Beobachtungen der Keimlinge reichen, an dem ersten Knoten der jungen Pflanze niemals Früchte auftreten.

Dagegen, und dies verdient wegen der Beziehungen des Wasserblattes zu den Seitenknospen eine besondere Hervorhebung, tritt schon vom ersten dreigliedrigen Quirle (IV in dem Schema A und B Seite 528) an, an der inneren, dem äusseren Luftblatte zugekehrten Seite des Wasserblattes jedesmal eine Seitenknospe (XXIV. 5. m. vgl. die Erklärung d. Fig.) auf, die sich niemals an den vorhergehenden Knoten, die nur Luftblätter tragen, vorfindet. — (m. vgl. Seite 508 und 509).

Nachdem wir so über die Theile des Embryo und seine Lage

*) Es wäre wohl interessant zu wissen, in wie weit bei der Keimung anderer, namentlich phanerogamer Wasserpflanzen mit vieltheiligen und fiedertheiligen Blättern ähnliche Entwickelungsstufen in den aufeinander folgenden Knoten durchlaufen werden. Dass dies bei der Entwickelung sich ablösender Knospen der Fall ist, habe ich schon zu beobachten Gelegenheit gehabt.

im Proembryo, sowie über die erste Theilungsfolge in der befruchteten Embryozelle orientirt sind und auch eine genauere Bekanntschaft mit den Keimpflänzchen erlangt haben, wollen wir nochmals zur Zellenfolge im Embryo zurückkehren, um die Theilungsvorgänge in seinen ersten Segmenten genauer zu verfolgen.

In seinem dreizelligen Zustande (XXVIII. 2) haben wir bereits an dem Embryo den — noch auf die Scheitelzelle reducirten — Vegetationskegel (v); die beiden ersten noch einzelligen Segmente (I und II) des Hauptstengels und die durch die Lage der Theilungswände bestimmte Wachsthumsrichtung (cd) unterschieden.

Aus dem ersten Segment, das wissen wir bereits, geht das Stielchen hervor und die Figuren der Taf. XXVIII und XXIX, welche verschiedene Entwickelungszustände des Embryo darstellen, zeigen ungefähr den Gang, welchen dieses hintere, unter der Archegonium-Mündung befindlichen Stück des Embryo bei seiner Entwickelung einhält.

Dass die Entwickelung und Zellenfolge dieses ersten Segmentes nicht mit der der höher am Stengel gebildeten Segmente übereinstimmt (man vergleiche Seite 494—497), sieht man sofort.

Zunächst theilt es sich durch eine mehr oder weniger geneigte und im Bogen verlaufende Wand (g in XXVIII. 2), in eine obere, der Mündung des Archegoniums zugekehrte (a) und in eine untere, der Mündung abgekehrte Zelle (b).

Diese Theilung des ersten Segmentes erfolgt meist schon gleichzeitig mit der Bildung des zweiten Segmentes (II in XXVIII. 2) durch die Entstehung der zweiten Theilungswand (2) in der Scheitelzelle (v) des Embryo.

Daher trifft man auch junge Embryonen so häufig in jenem vierzelligen Zustande (XXVIII. 2) mit übers Kreuz gestellten Zellen, auf welchen, wie mir däucht, Hofmeister zu viel Werth gelegt hat und dessen Erklärung sich einfach aus dem bereits hervorgehobenen Umstande ergiebt, dass in der ersten Entwickelungsperiode des Embryo die Fortbildung des Vegetationskegels langsamer vorschreitet, als die Entwickelung der ersten angelegten Segmente des Embryo.

Die beiden Hälften des ersten Segmentes (a u. b in XXVIII. 2) verhalten sich von nun an wesentlich gleichartig; nur insofern scheinen sie verschieden, als die späteren Theilungsvorgänge in der oberen Hälfte früher eintreten, als in der unteren (XXVIII. 3. 4. 8; XXIX. 1).

Auf Theilungen durch Wände, welche der ersten Wand (g in XXVIII. 2) gleichgerichtet sind (XXIX; 1; XXVIII 8) folgen dann gegen diese senkrecht geneigte, aber den Mittelschnitten parallele Wände — die in den Figuren der Tafel XXVIII. und XXIX. nicht sichtbar sind —. So wird das entstehende Stielchen von einer grösseren Zahl in der Richtung von Vorn nach Hinten am Proembryo gestreckter, schon ursprünglich etwas gekrümmter, d. h. nach unten bogenartig geneigter, länglicher Zellen (XXIX. 1; — XXVIII. 8) zusammengesetzt.

In dem Maasse, als diese Zellen wachsen, werden sie durch Wände, welche gegen beide frühere Theilungsrichtungen senkrecht stehen (r. r.... in XXVIII. 3. 4) in kleinere Zellen abgetheilt, deren ursprüngliche Anordnung in bogenförmig gekrümmte Reihen man noch spät auf Durchschnitten (XXVIII. 6. 7; XXIX. 2) und in sehr vorgeschrittenen Zuständen des Embryo noch am Rindengewebe des Stielchens erkennen kann (XXVIII. 9).

Während die Zellvermehrung dieser Reihen, wie es scheint, ausschliesslich in der vordersten Zelle (XXVIII. 4) stattfindet, verwachsen die hintersten Zellen der Reihen mit den benachbarten Zellen des Proembryo und so entfernt sich, da der Proembryo um diese Zeit zu wachsen aufgehört hat, die Vorderwand des Stielchens, welche doch der Wand a in Figur 1 Tafel XXVIII. entspricht, immer mehr von der Mündung des Archegoniums (XXVIII. 4. 6. 7; XXIX. 2).

Das Stielchen geht demnach ohne sich differenzirende, durch besondere Scheitelzellen angedeutete, verschiedene Wachsthumsrichtungen aus einer gleichmässigen Umbildung des ganzen ersten Segmentes hervor. Aber dieses hält hierbei, man vergleiche Seite 494 ff., auch jenen Entwickelungsgang, welchen die zu Internodien werdenden Segmente befolgen, nicht genau ein.

Die Entwickelungsgeschichte schiene daher die Frage, ob das Stielchen als das unterste Internodium, oder als das erste Blatt zu betrachten ist, unentschieden zu lassen, da dieses weder genau wie ein Blatt, noch genau wie ein Internodium entsteht. —

Die unleugbare Analogie mit dem Theile, welchen man bei dem Embryo der Farrnkräuter den Fuss genannt hat, das Anwachsen seiner Spitze an den Proembryo und die seitliche Richtung, welche das Stielchen in seinem Wachsthume gegen die Wachsthumsachse des Embryo befolgt, haben mich an anderer

Stelle*) veranlasst, dasselbe für das erste Blatt der Salvinia zu erklären, obgleich ich nicht verkenne, dass es, wenn die Entwickelungsgeschichte allein entscheiden soll, richtiger ist, Blatt und Achse in demselben noch als ungetrennt zu bezeichnen. —

Dies wird noch deutlicher, wenn man den Entwickelungsgang des zweiten Segmentes der jungen Pflanze (II in XXVIII. 2) zum Schildchen genauer verfolgt.

Nachdem dieses sich längere Zeit wie die Scheitelzelle des Stengels und der Blätter abwechselnd nach nur zwei Richtungen des Raumes getheilt hat (XXVIII. 3. 4. 8; — XXIX. 1), tritt in den so angelegten Zellen eine Theilung nach allen Richtungen des Raumes ein und hierdurch entsteht oberhalb des inzwischen weiter gebildeten Vegetationskegels des Embryo (v) ein sich wulstartig erhebender Körper (XXVIII. 4—9. XIX. 1. 2), der noch immer deutlich die ursprüngliche Scheitelzelle (s) an der Spitze trägt und durch ihre Theilungen in die Länge wächst.

Durch die gleichzeitige starke Entwickelung seiner Basis und seiner Vorderfläche krümmt er sich (XXVIII. 6. 7) und drängt den langsam wachsenden Vegetationskegel in den immer enger werdenden Winkel zwischen sich und das unterdess herangewachsene Stielchen hinein. Zugleich treten auf beiden Seiten seiner Vorderfläche aus seiner Basis zwei Zellen (z in XXVIII. 5; von denen man in dieser Lage der Figur natürlich nur die eine sehen kann) hervor, welche sich als neue Scheitelzellen zweier hier vorspringender Seitenlappen verhalten.

So erhält das Schildchen, aus dem zweiten Segmente der Hauptachse des Embryo hervorgehend, seine spätere Form. Seine beiden vorderen Lappen oder Flügel (z. z. in XXVII 5.) verdanken ihre Entstehung den beiden aus dem Gewebe hervortretenden Scheitelzellen (z. in XXVIII. 5), welche eine neue Wachsthumsrichtung des Gebildes einleiten, während der hintere Theil desselben (s. in XXVII. 5) von der die ursprüngliche Wachsthumsrichtung einhaltenden Scheitelzelle (s. in XXVIII. 4—7) angelegt wird**).

---

*) Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissensch. zu Berlin, 1863. Sitzung vom 16. April.

**) Die Entwickelung des Schildchens zeigt daher, dass seine beiden vorderen Lappen zu beiden Seiten des bereits vorhandenen Mittelkörpers aus diesem

Auch das zweite Segment des Hauptstengels befolgt daher in seiner Ausbildung noch einen eigenthümlichen, vom normalen Verlaufe abweichenden Entwickelungsgang. Auch hier lässt sich der dem Knoten als solchem angehörige Theil noch nicht mit solcher Schärfe von denjenigen Theilen, die zu den Seitenorganen werden, sondern, wie dies bei den höher stehenden Knoten und ihren Wirteln, wie wir früher sahen, möglich ist. Doch ist hier schon eine grössere Trennung durch die besonderen Wachsthumsrichtungen angedeutet, aus welchen die Seitenlappen hervorgehen.

Eine scharfe Sonderung zwischen Knoten und Blatt in der Weise, dass das Blatt, wie früher dargestellt, sich aus einer bestimmten Zelle des Segmentes als ein besonderes selbständiges Seitenorgan erhebt, tritt erst bei den nun folgenden Knoten der Hauptachse (II. u. III. des Schema A. u. B. Seite 528) ein, welche aber, wie erwähnt, noch die Unregelmässigkeit besitzen, dass aus ihnen nur isolirte Luftblätter*), nicht vollständige Quirle hervortreten, (I. u. II. in XXVII. 8 u. 9), bis endlich mit dem ersten, einen vollständigen Quirl tragenden Knoten die normale Zellenfolge und Entwickelung der Segmente sich herausstellt und die noch vorhandenen Abweichungen nur noch die mangelhafte Ausbildung der normal angelegten Wasserblätter betreffen. —

Schliesslich muss ich hier noch auf eine Drehung aufmerksam machen, welche der Vegetationskegel des Embryo schon in seiner frühesten Entwickelungsperiode ausführt und wodurch die auf Mittelschnitten durch den Proembryo ursprünglich seitliche Lage seiner Rückenfläche (XXIX. 1) eine der natürlichen Lage der Pflanze im Wasser entsprechende Richtung nach oben (XXIX. 2) erhält. Neben ihr tritt noch eine Krümmung des Stielchens nach unten ein (XXVII. 8. 9). Beide Erscheinungen wirken in demselben Sinne auf die Lage der Theile der jungen

---

hervorwachsen, und nicht aus der Spaltung seiner ursprünglich zusammenhängenden Vorderhälfte in zwei Lappen hervorgegangen sind. Hiernach ist die Angabe von Mettenius (Rhizocarpeen, S. 37 u. 38) zu berichtigen.

*) Die Anlagen zu diesen ersten Luftblättern der Pflanze hat Hofmeister, wie ich bereits Seite 487 bemerkte, an frei herauspräparirten Embryonen (Vergl. Unters. Seite 110. Taf. XXII; Fig. 11b., und Abhandl. d. S. Gesellsch. 1857. Taf. XIII. Fig. 28 u. Seite 169: „Während diese .... sich nähern, gabelt sich zweimal die noch blattlose Spitze des beblätterten Sprosses" etc.....) für die Anlagen von Wurzelzasern gehalten und wohl in Folge hiervon sich der Mettenius'schen Deutung derselben angeschlossen.

Pflanze. Jene Drehung der Vegetationsspitze — dies ist bei der Nachuntersuchung nicht zu übersehen — erschwert Anfangs die Deutung der Durchschnitte ausserordentlich, da sie bewirkt, dass in gleicher Richtung durch den Embryo geführte Schnitte nicht dasselbe Bild des Vegetationskegels geben. —

Fassen wir nun den geschilderten Entwickelungsgang der Embryonalanlage zur Pflanze kurz zusammen, so ergiebt sich, dass die erste Embryozelle selbst zur Scheitelzelle der Hauptachse wird, dass sie aber nur langsam zu dem hohen Vegetationskegel haranwächst, den man an der Spitze entwickelter Sprosse findet, indem Anfangs, entgegen dem späteren Verhalten, die aus ihr gebildeten Segmente sich rascher entwickeln, als in ihr selbst neue Theilungen stattfinden, also neue Segmente von ihr angelegt werden. Neben diesem langsamen Wachsthum des Vegetationskegels, welcher die beginnende Pflanze auszeichnet, macht sich aber noch eine eigenthümliche Ausbildung der ersten Segmente geltend, die einen bestimmenden Einfluss auf die äussere Erscheinung der untersten Theile des Hauptsprosses ausübt.

Erst allmälig und zwar in steigender Schärfe an den der Höhe nach folgenden Knoten bildet sich nämlich bei der Entwickelung der Stengelsegmente jene scharfe Sonderung zwischen dem dem Knoten selbst und dem den Seitenorganen angehörigen Gewebe aus, welche bei den höher am Sprosse auftretenden Gliedern die Selbständigkeit des Blattes zur Erscheinnng bringt.

Am Schlusse dieser Abhandlung wird es gut sein, die erlangten Resultate übersichtlich zusammenzustellen.

Es ergab sich:

I. Für das Wachsthum und den Bau der Sprosse von Salvinia:

1) Die Sprosse von Salvinia endigen mit einem ununterbrochen sich fortentwickelnden Vegetationskegel, der an seiner Spitze eine deutliche Scheitelzelle trägt. —

2) Durch gegen ihre Achse spitzwinklige Theilung der Scheitelzelle abwechselnd nach nur zwei Richtungen des Raumes wächst der Vegetationskegel in die Länge.

3) Der Stengel von Salvina wird in Folge dieser Theilungen der Scheitelzelle von zwei nebeneinander stehenden und sich zum Cylinder zusammenschliessenden Reihen von

nacheinander gebildeten Stengelsegmenten aufgebaut, die um ihre halbe Höhe übereinander hervorragen.

4) Jede gegen die Achse senkrechte Querscheibe des Stengels besteht daher aus zwei Hälften von unungleichem Alter.

5) Jeder Knoten der Salvinia wird von einer Scheibe des Vegetationskegels gebildet, welche ihrer Höhe nach einem halben; jedes Internodium von einer Scheibe, welche der Höhe nach einem ganzen Segmente entspricht.

II. Für die Seitenorgane von Salvinia:

1) Die Blätter erheben sich aus der Lage und der Theilnngsfolge nach fest bestimmten Zellen der Knotenscheibe, und treten auch genau in derselben Reihenfolge, in welcher ihre Urzellen entstanden, aus dem Gewebe des Knotens seitlich hervor.

2) Die Blätter stehen in drei-zähligen Quirlen.

3) Die ursprüngliche Divergenz der Blätter ist jedoch $\frac{1}{2}$ des Kreisumfanges.

4) Jeder Quirl besteht aus zwei ungetheilten Luftblättern und einem vieltheiligen Wasserblatte.

5) In jedem Quirl ist das Wasserblatt das älteste, das ihm entferntere Luftblatt das zweite und das ihm nähere das der Entstehung nach dritte Glied.

6) Die aufeinanderfolgenden Quirle alterniren und haben entgegengesetzte Wendung.

7) An den fructificirenden Wasserblättern gehen die jüngsten Zipfel in Früchte über.

III. Für den Bau der Stengel überhaupt und das relative Alter der Quirlglieder:

1) Die Theilungsrichtungen der Scheitelzelle bedingen zwei wesentlich verschiedene Arten des Stengelbaues, indem dieser entweder — wie es scheint der häufigste Fall — von unter spitzem Winkel gegen die Achse gerichteten Stengelsegmenten aufgebaut wird, die nur einen Theil des Stengeldurchschnittes repräsentiren; oder — der, wie es scheint, seltnere Fall — von senkrecht übereinander gelagerten ganzen Stengelscheiben.

2) In Folge hiervon zeigt jede zur Achse senkrechte Stengelscheibe in dem einen Falle Altersungleichheiten ihrer verschiedenen Seiten, die für die Blattstellung von Wich-

tigkeit werden; in dem anderen Falle sind solche Ungleichheiten eines Stengelquerschnittes nicht vorhanden.

3) Die Theilungsrichtungen der Scheitelzelle sind nur mittelbar, insofern sie Altersungleichheiten der verschiedenen Seiten eines Stengelquerschnittes bewirken, von Einfluss auf das Alter der Quirlglieder.

4) Die Anzahl, die Stellung und das relative Alter der einzelnen Quirlglieder wird im Uebrigen nicht durch die Theilungsrichtung in der Scheitelzelle, sondern durch die von dieser unabhängige Theilungsfolge in den Segmenten oder Scheiben, die den Stengel aufbauen, bestimmt.

IV. Für die Bildung und den Bau der Sexualorgane von Salvinia:

1) Die Samenfadenzellen werden in der als besonderes zweizelliges Antheridium abgegliederten Spitze der Microsporenschläuche zu je vieren in einer Mutterzelle gebildet und durch ein gesetzmässiges Aufklappen der Antheridienzellen entleert.

2) Die Archegonien von Salvinia haben einen niedrigen, kappenförmigen Halstheil, der vor der Befruchtung abgeworfen wird.

3) Der durch Theilung der Schlusszellen entstandene Halstheil wird durch ein besonderes Wachsthum der Centralzelle, die sich mit ihrer Spitze zwischen die Schlusszellen hindurchdrängt, in die Höhe gehoben.

4) Der Archegonium-Canal entsteht daher nicht durch ein Auseinanderweichen der Schlusszellen, sondern durch jenen Wachsthumsvorgang der Centralzelle, welcher durch die Bildung einer besonderen Zelle — der Canalzelle — eingeleitet wird.

5) Der Inhalt der Spitze der Centralzelle — welche von der Canalzelle ausgefüllt ist — hat ein streifig körniges Aussehen und erinnert an die Beschaffenheit der Spitze der Keimbläschen von Watsonia, Gladiolus etc. . .; er wird nach dem Abwerfen des Halstheils unter Oeffnung der Spitze der Canalzelle entleert.

6) Der ganze Inhalt der Centralzelle, soweit er nicht in die Bildung der Canalzelle eingegangen ist, wird nach erfolgter Befruchtung zur ersten Zelle des Embryo.

V. Für die Entwickelung der Embryonalanlage zur Pflanze:

1) Die erste Zelle des Embryo wird selbst zur bleibenden Scheitelzelle des Hauptsprosses.
2) Die gebildeten Segmente lassen nur allmälig die Sonderung zwischen dem dem Achsentheile des Knotens und dem den Seitenorganen angehörigen Gewebe in die Erscheinung treten.

Erklärung der Abbildungen.

(Sämmtliche Figuren beziehen sich auf Salvinia natans. Die in Klammern beigefügte Zahl giebt die Vergrösserung an.)

Taf. XXIV.

Sämmtliche Figuren dieser Tafel sind 580mal vergrössert und stellen Vegetationskegel der Sprosse, von verschiedenen Seiten gesehen, dar. Die Lage der sichtbaren Zellenwandungen ist in allen genau mit der Camera aufgenommen; der Zelleninhalt ist in einigen weggelassen. — In allen Figuren bedeutet W Wasserblatt; L_1 älteres; L_2 jüngeres Luftblatt des Quirls.

Fig. 1. Frontansicht eines Vegetationskegels von einer ganz jungen Pflanze — etwa gleich 5 Tafel XXVII. — Die Figur kehrt dem Beschauer den Rücken zu. Der untere Quirl der Figur war zugleich der erste dreizählige Quirl der Pflanze überhaupt (IV. unter A. Seite 528), daher das Wasserblatt (W) desselben nur einzipflig. Der jüngste Quirl unter der Spitze beginnt eben, mit der Erhebung seines Wasserblattes (W) sich zu bilden. Da dieses aus der Bauchseite entspringt, so ist es in der Figur, die den Rücken dem Beschauer zukehrt, nicht vollständig sichtbar.

Fig. 2. Seitenansicht des Veget.-Keg.; R seine Rücken-, B seine Bauchfläche. Die Veget.-Keg. zeigen stets diese Krümmung der Spitze nach oben, wodurch der Rücken concav, der Bauch convex wird.

Fig. 3. Frontansicht des Veget.-Keg. einer alten Pflanze. Dem Beobachter ist die Bauchfläche zugekehrt.

Fig. 4. Seitenansicht des Veget.-Keg. einer noch ganz jungen Pflanze; dem untersten Quirle der Figur waren an der Pflanze schon andere dreizählige Quirle vorhergegangen, daher wird das Wasserblatt (W) schon mehrzipflig (z. z.).

Fig. 5. Seitenansicht eines Veget.-Keg. einer eben ihre Entwickelung beginnenden Seitenknospe des Hauptstengels einer jungen Pflanze. Die

ganze Knospe ist in der Figur dargestellt. Sie bestand zur Zeit erst aus einem Vegetationskegel und dem ersten dreigliedrigen Quirle, woraus also hervorgeht, dass die Seitenzweige gleich mit dreizähligen Quirlen beginnen. Die Knospe war dem Wasserblatte des ersten dreigliedrigen Quirles einer jungen Pflanze entsprossen (s. Seite 529).

Fig. 6. Ansicht eines Veget.-Keg.-Durchschnittes, wie er sich bei Betrachtung des Veget.-Keg. von oben darstellt.

Taf. XXV.

Fig. 1—6. sind schematisch (Erkl. Seite 489—504).

In den Figuren 1, 4 und 5 sind einige der zur Bezeichnung dienenden Buchstaben, auf welche im Text (Seite 492, 493, 495, 497, 499 und 502) Bezug genommen ist, aus Versehen weggelassen worden.

In der Fig. 1. sollten die Endpunkte der von n, l, i nach rechts an den Umriss der Figur verlaufenden Linien der Reihe nach mit s, u, t bezeichnet sein.

Ebenso sollte in den Figuren 4 und 5 der von oben nach unten verlaufende Kreis-Durchmesser mit x—x; der von rechts nach links verlaufende mit m—n bezeichnet sein.

Fig. 7. (580). Frontansicht eines Veget.-Keg. einer ganz jungen Pflanze. Der untere Quirl der Figur zugleich der erste dreizählige der Pflanze überhaupt; daher sein Wasserblatt (W) nur einzipflig, während das Wasserblatt (W) des folgenden Quirles zweizipflig wird, indem das eine Segment (z) so eben als Scheitelzelle eines zweiten Zipfels hervortritt. — Die Figur kehrt dem Beschauer die Bauchfläche zu.

Fig. 8—11. schematisch (siehe Seite 515 ff.). 8. Ansicht von oben auf die Spitze einer Macrospore, aus welcher der Proembryo eben hervorbricht, etwa Entwickelungsstufe Fig. 1. Taf. XXVII.; 9—11. Durchschnitte durch den Proembryo.

Fig. 12. (580). Aufbrechende Microspore.

Fig. 13. (580). Innenzelle einer Microspore schon getheilt, wie sie durch Herausdrücken aus dem Microsporangium erhalten wird.

Fig. 14—16. (508). Die Microsporangiumhülle durchbrechende Microsporenschläuche; 14. bereits entleert; vor der einen Antheridiumzelle die aus ihr hervorgetretene Spiralfadenzelle (a); 15 und 16. noch ungeöffnet; die beiden Antheridiumzellen enthalten jede neben dem in die Spiralfadenzellen sich umwandelnden Klumpen ein nicht bei jeder Lage in jeder Zelle sichtbares, aber immer vorhandenes kleineres Bläschen.

Taf. XXVI.

Fig. 1—7. (300). Verschiedene Entwickelungszustände des Archegoniums vor Abwerfen des Halstheils.

Jüngster Zustand Fig. 3; die Schlusszellen oberhalb der Centralzelle sind noch ungetheilt; in der Centralzelle ist die Canalzelle be-

reits gebildet. Hierauf folgt Fig. 4.; die Canalzelle (d) beginnt in die Höhe zu wachsen, die Schlusszellen haben ihre Theilung vollendet; Fig. 5. zeigt wieder einen späteren Zustand, die Canalzelle ist zwischen die Schlusszellen hineingewachsen und hat den mittleren Theil derselben in die Höhe gehoben. — Fig. 1 und 2. noch spätere Zustände; Fig. 6. ein Durchschnitt durch das Archegonium, etwa auf der Entwickelungsstufe, die der Figur 1. entspricht. — Fig. 7. abnormer Fall. Der Hals ist nicht abgeworfen, die Canalzelle durch die Schlusszellen (m), die sich zu früh erweiterten, zusammengedrückt. Es ist nicht zur Entleerung der Canalzelle gekommen, die Befruchtung kann nicht vollführt werden.

Fig. 8. (420). Ein Archegonium in dem Zustande, nachdem es sich eben geöffnet hat, schief von oben gesehen, der Halstheil ist in vier zweizellige Lappen auseinandergeschlagen. Der zum Archegonium-Canal gewordene Raum, den die bereits vorher geöffnete und entleerte Canalzelle eingenommen hat, ist durch die darauf eintretende Erweiterung der Schlusszellen wieder bedeutend verengt worden. Die Befruchtung ist bereits erfolgt. Die Centralzelle nur im oberen Theil und im Umriss deutlich sichtbar.

Fig. 9. (300). Mittelschnitt durch einen Proembeyo, der gerade durch die Mitte des ältesten, schon vorher geöffneten Archegoniums gegangen war. c, Centralzelle, ihr Inhalt durch den Schnitt zerstört; m. m., Schlusszellen, dazwischen der bereits wieder verengte Canal, vor dessen Mündung unter Resten des ausgetretenen Inhalts der Canalzelle einige grössere Zellen, die dem abgeworfenen Halstheil angehört hatten.

Fig. 10. (250). Vollständiges Microsporangium mit, die Hülle an mehreren Stellen durchbrechenden, Microsporenschläuchen in verschiedenster Lage, die einen schon entleert, die anderen noch gefüllt.

Fig. 11—13. (580). Microsporenschläuche aus der Hülle (h) des Microsporangium hervorstehend; 11. noch ungeöffnet; ef, die Scheidewand zwischen Spitze und Basis des Schlauches; af, das durch die Wand ed zweizellige Antheridium, in dessen jeder Zelle der sich in die Samenfadenzellen theilende Klumpen und daneben das kleine Bläschen sichtbar ist; — 12. schon aufgebrochen und entleert; 13. eben aufgebrochen, aus jeder Antheridiumzelle sind die vier Samenfadenzellen, die vor der Oeffnung liegen, hevorgetreten.

Fig. 14. (790). Getödtete Samenfadenzelle.

Fig. 15. Microsporangiuminhalt von der zelligen Hülle befreit und mit verdünnter Chromsäure behandelt. Der ganze Inhalt scheint von einer besonderen, eigenen Membran umgeben.

Taf. XXVIII.

Fig. 1—4. (72). Macrosporen mit dem hervortretenden Proembryo. 1—3. Dieselben von verschiedenen Seiten; 1. vom Rücken, auf welchem die 3 erstgebildeten Archegonien sichtbar sind, gesehen; 2. von der Seite, man sieht zu oberst (a) das älteste, weiter unten an dem sichtbaren rech-

ten Vorderflügel des Proembryo eins der beiden jüngeren Archegonien; 3. von vorn; man sieht beide noch sehr kurze flügelartige Arme des Proembryo; die Archegonien, die auf dem Rücken liegen sind bei dieser Lage natürlich nicht sichtbar; 4. eine Macrospore mit Proembryo, in deren Archegonien k e i n e Befruchtung stattgefunden hat; der Proembryo hat sich übermässig entwickelt und eine grosse Anzahl von Archegonien gebildet, die in etwa parallelen Reihen stehen und auch auf der Vorfläche vorhanden sind. Wird eins der drei ersten Archegonien befruchtet, so verhindert die eintretende Ausbildung des Embryo solche übermässige Entwickelung des Proembryo.

Fig. 7. (47.) Mittelschnitt durch Macrospore, Proembryo und Embryo, nachdem der Embryo bereits den Proembryo durchbrochen hat. Das kurze Stielchen (a) hat sich noch nicht gestreckt und das Schildchen (b) noch nicht in die spätere fast horizontale Lage gebracht; c. Terminalknospe des Embryo, m. Mündung des befruchteten Archegoniums; s, hinteres Stück des Schildchens = s in Figur 5. und s in den Figuren der Tafel XXVIII. und XXIX.

Fig. 5—6. und 8—9. (20). Verschiedene junge, noch mit der Macrospore verbundene Pflänzchen; a, Stielchen; b, Schildchen; c, Terminalknospe des Hauptsprosses; I, ältestes einzeln stehendes; II, zweites einzeln stehendes Blatt; W, Wasserblatt; L_1 älteres, L_2 jüngeres Luftblatt des ersten dreigliedrigen Wirtels.

Taf. XXVIII.

Sämmtliche Figuren sind 300fach vergrössert.

Fig. 1—4. und 6. 7. Dem Mittelschnitte parallele Schnitte durch Proembryonen mit in verschiedenem Grade entwickelten Embryonen; die stärker hervortretenden Linien zeigen die aufeinanderfolgenden Theilungswände der Scheitelzelle; die schwächeren Linien die Theilungen in den gebildeten Segmenten; mit I. II. III. etc. . . . sind die nacheinander gebildeten Segmente bezeichnet; v die Scheitelzelle des Embryo; s die Zelle, durch deren fortwährende Theilungen die eine Wachsthumsrichtung des Schildchens, welche deren hinteren Theil hervorbringt, bestimmt wird; m, die braunen Schlusszellen des Archegoniums, in welchem der Embryo entstand. In Fig. 2. giebt die punctirte Linie od, in Fig. 3. m n die Richtung der Wachsthumsachse des entstehenden Embryo an. In Fig. 4. sind im Veget.-Keg. und in der Schildchenanlage des Embryo die Zellkerne der Zellen verzeichnet, sonst in allen Figuren nur das Zellnetz genau wiedergegeben.

Fig. 5—9. Freipräparirte Embryonen mit den Schlusszellen des Archegoniums (m) v. u. s. wie vorstehend; z, Zelle, welche die Wachsthumsrichtung des einen Seitenlappens des Schildchens bestimmt: dessen Scheitelzelle. I. erstes einzelnstehendes Blatt der jungen Pflanze.

Fig. 8. Mittelschnitt durch den vollständigen Proembryo, der einen noch jungen Embryo enthält. Bezeichnung und Bedeutung der stärker und schwächer vortretenden Linien wie vorstehend.

Taf. XXIX.

Fig. 1. (300). Mittelschnitt durch den ganzen Proembryo, der auf der glashellen, inneren Schicht (c) der Membran des Sporensackes aufsitzt, die sich weiter unten an die innere Seite der braunen Schicht anlegt, auf welcher nach aussen das scheinbar kleinzellige, dicke Exosporium (b) folgt. d, Spitze der Vorderseite des Proembryo; m, Mündung des befruchteten Archegoniums.

Fig. 2. (150). Mittelschnitt durch Macrospore, Proembryo und Embryo zur Zeit des Durchbruchs des Embryo durch den Proembryo. — S, Sporensack; c, braune innere Haut desselben; d. e, deren beide Schichten, von denen die äussere, braune (e) sich an das Exosporium (b) anschliesst, während auf der glashellen inneren Schicht (d) der Proembryo aufsitzt, der eben von dem Embryo durchbrochen wird. v, Vegetations-Keg.; s, hinterer Theil des Schildchens; m, Archegoniumsmündung; I. u. II., die beiden ersten einzeln stehenden Blätter der jungen Pflanze = I. und II. in Fig 8. und 9. Taf. XXVII. — a die äussere grosszellige Hülle der Macrospore.

Fig. 3. (300). Die Zellen des Proembryo, welche die Archegonienreihe bilden, von oben gesehen mit dem ältesten Archegonium (a), welches den Halstheil bereits abgeworfen und seine Schlusszellen gebräunt hat, und dem jüngeren Archegonium (b), welches noch in der Bildung des Halstheils begriffen ist. In den Schlusszellen ist erst die erste schiefe Theilung = a in Fig. 4. Taf. XXVI. eingetreten.

Fig. 4. (420). Ein noch jugendliches Archegonium mit bereits gehobenem, aber noch nicht abgeworfenem Halstheil von oben gesehen. Es sind drei schiefe Theilungen in jeder Schlusszelle entstanden. Der innere, fast viereckige, mit Inhalt erfüllte Raum, ist die noch nicht geöffnete Canalzelle, die noch von den Halszellen bedeckt wird. Die Zellen des Halstheils hängen noch ganz fest aneinander, dies erkennt man daran, dass die ursprünglichen Trennungslinien der vier Schlusszellen sich noch über der viereckigen Durchschnittsansicht der Canalzelle hinziehen. Dass diese aber sich unten schon zwischen die Schlusszellen hineingedrängt hat und der Halstheil hier schon gehoben ist, erkennt man eben an dem Auftreten jenes viereckigen, inhaltserfüllten Raumes, der z. B. auf einem früheren Zustande (b. Fig. 3.), wo erst eine Theilung in den Schlusszellen und noch keine Hebung stattfand, noch nicht in die Erscheinung tritt. Die punctirte Linie unter dem Gewebe zeigt den Umriss der Centralzelle und man kann an dessen Längsstreckung sogleich Hinten und Vorn, wie es der Pfeil anzeigt, erkennen.

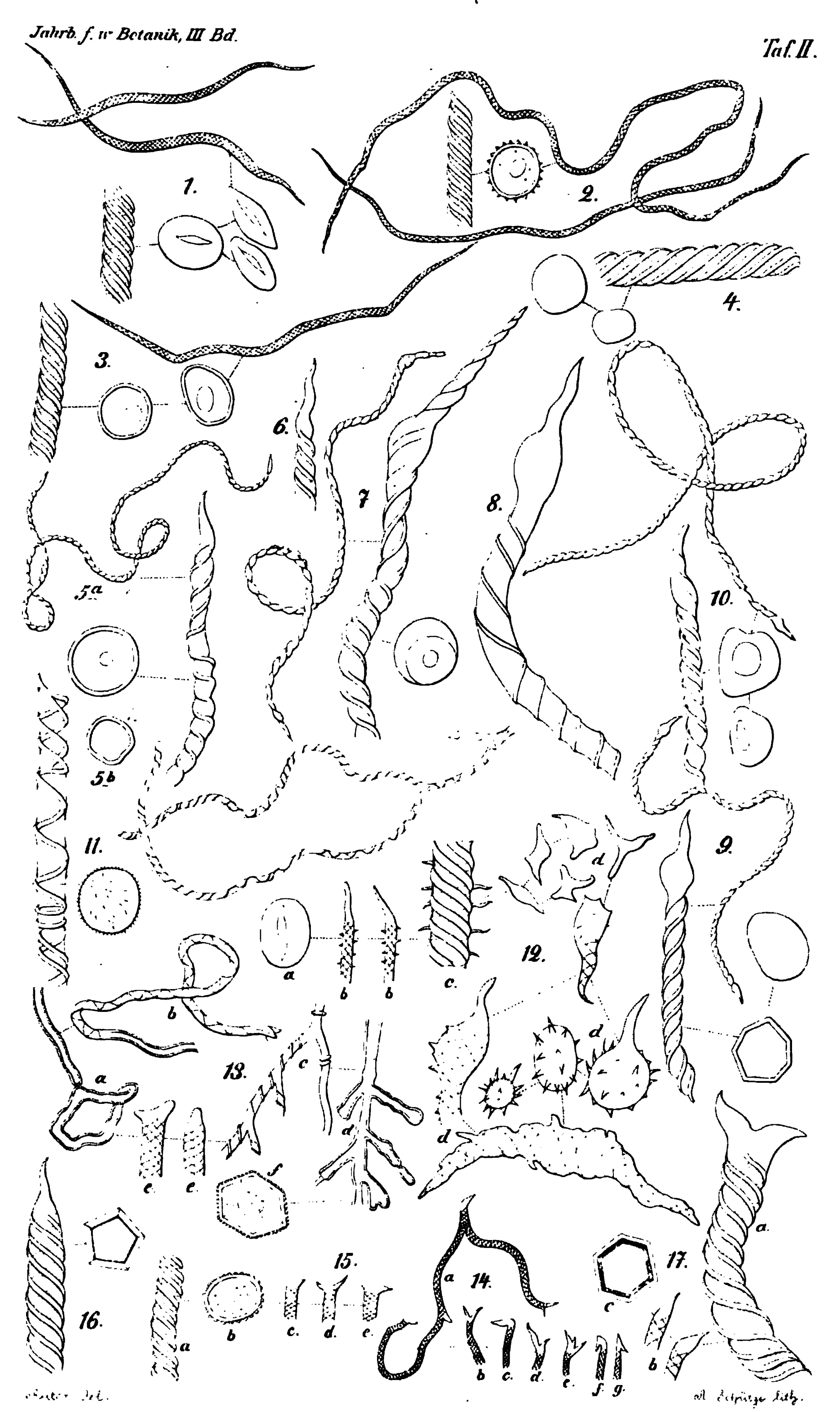
Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin.

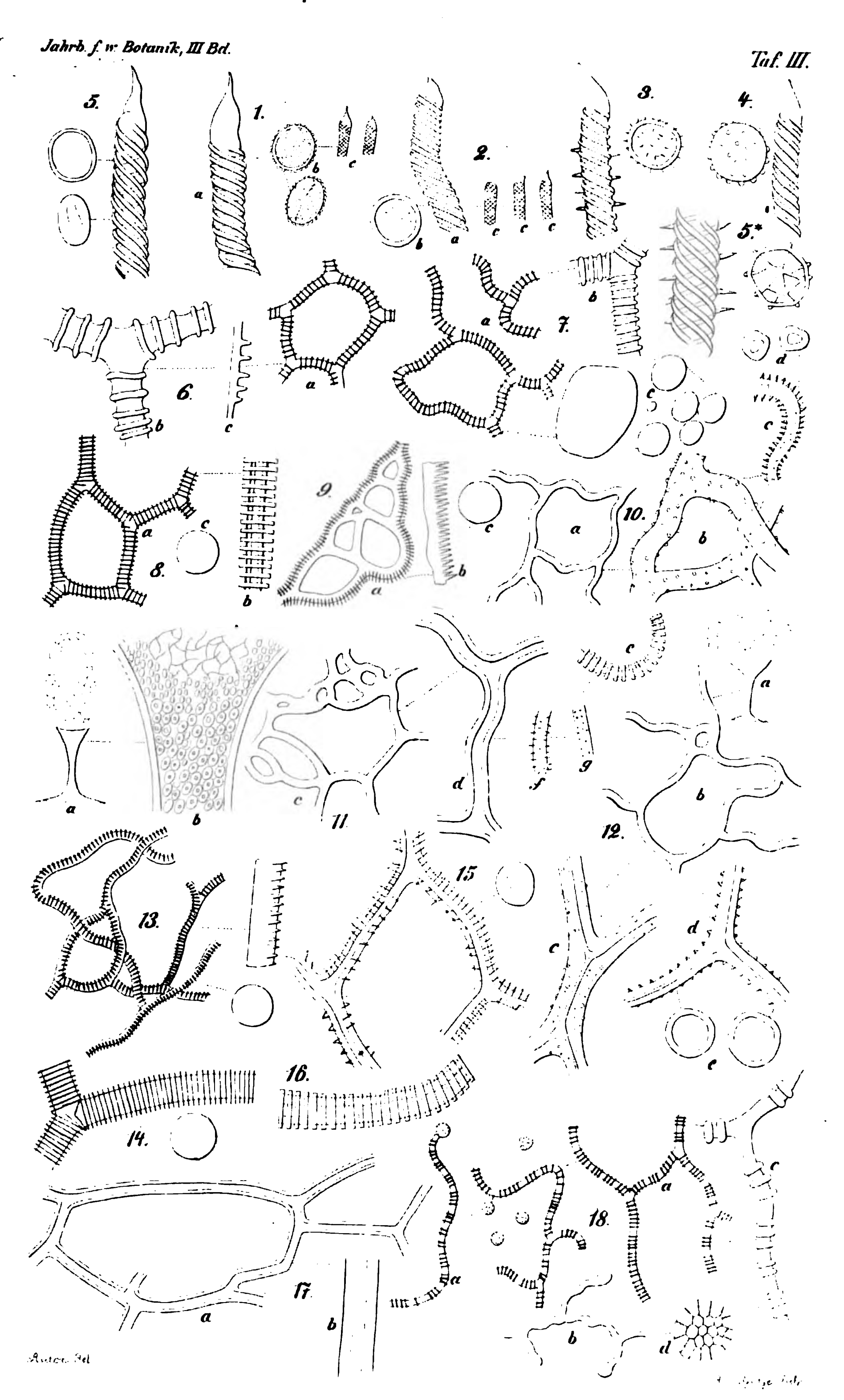
Inhalt.

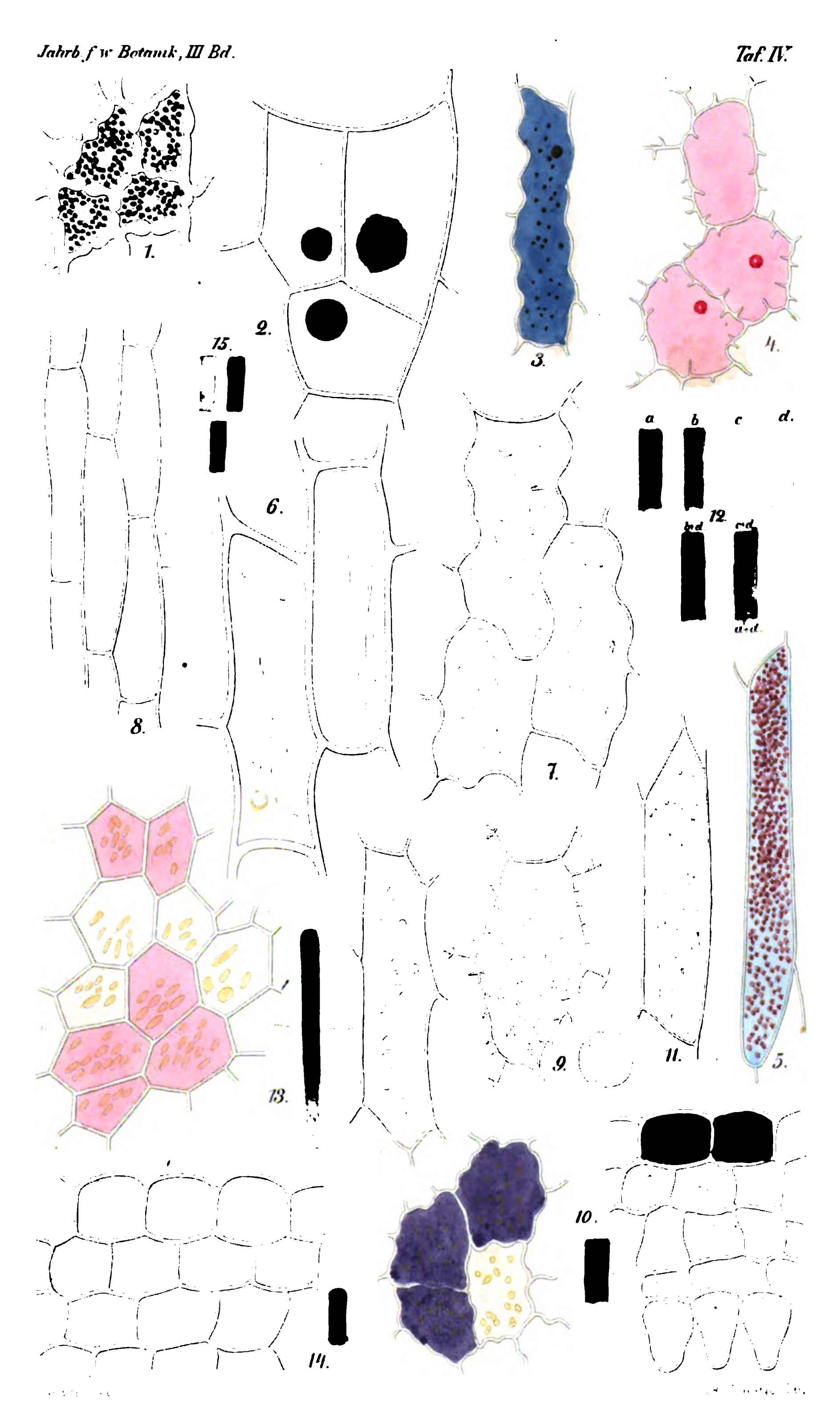
Seite

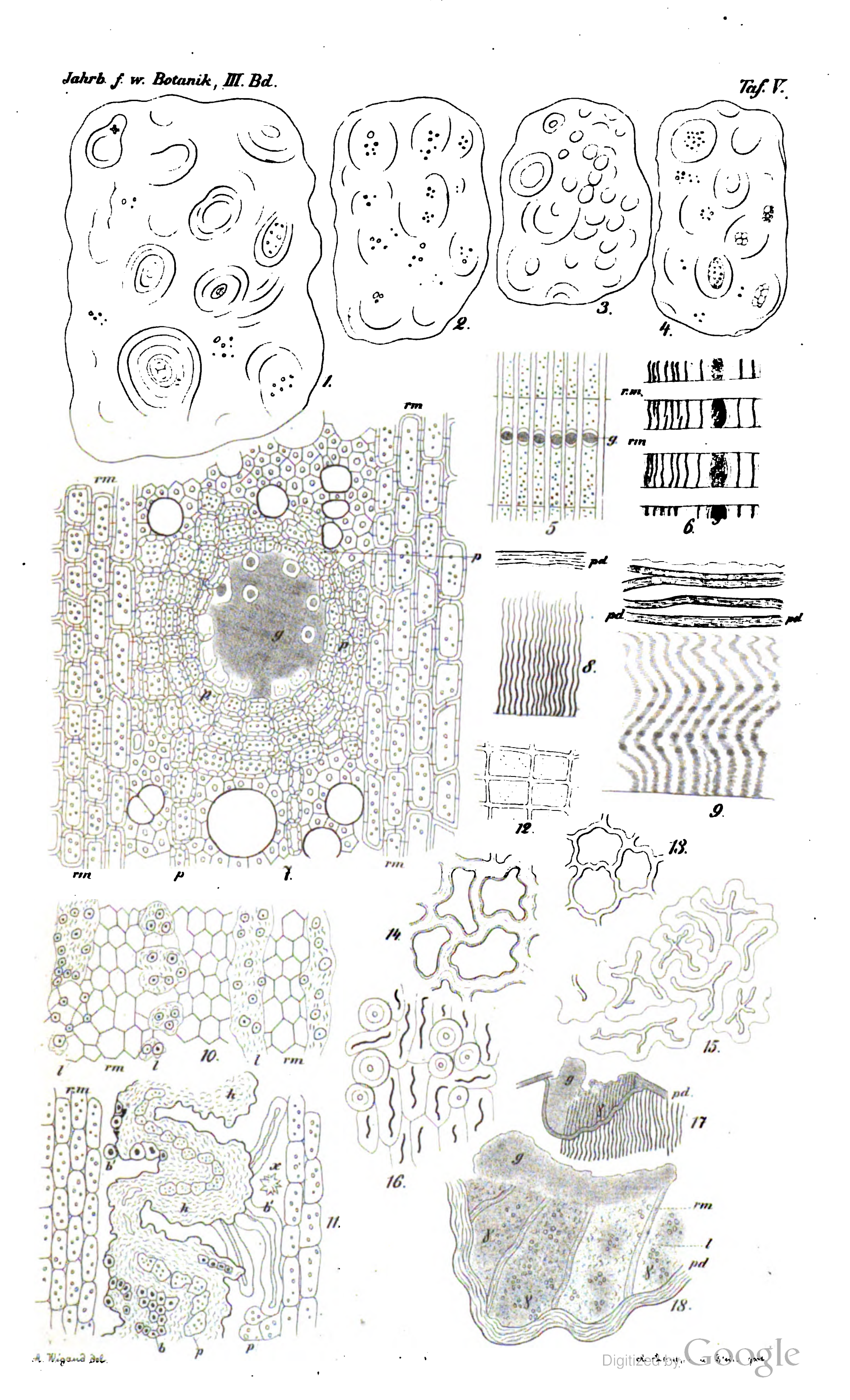


Autor del. A. Schütze lith.

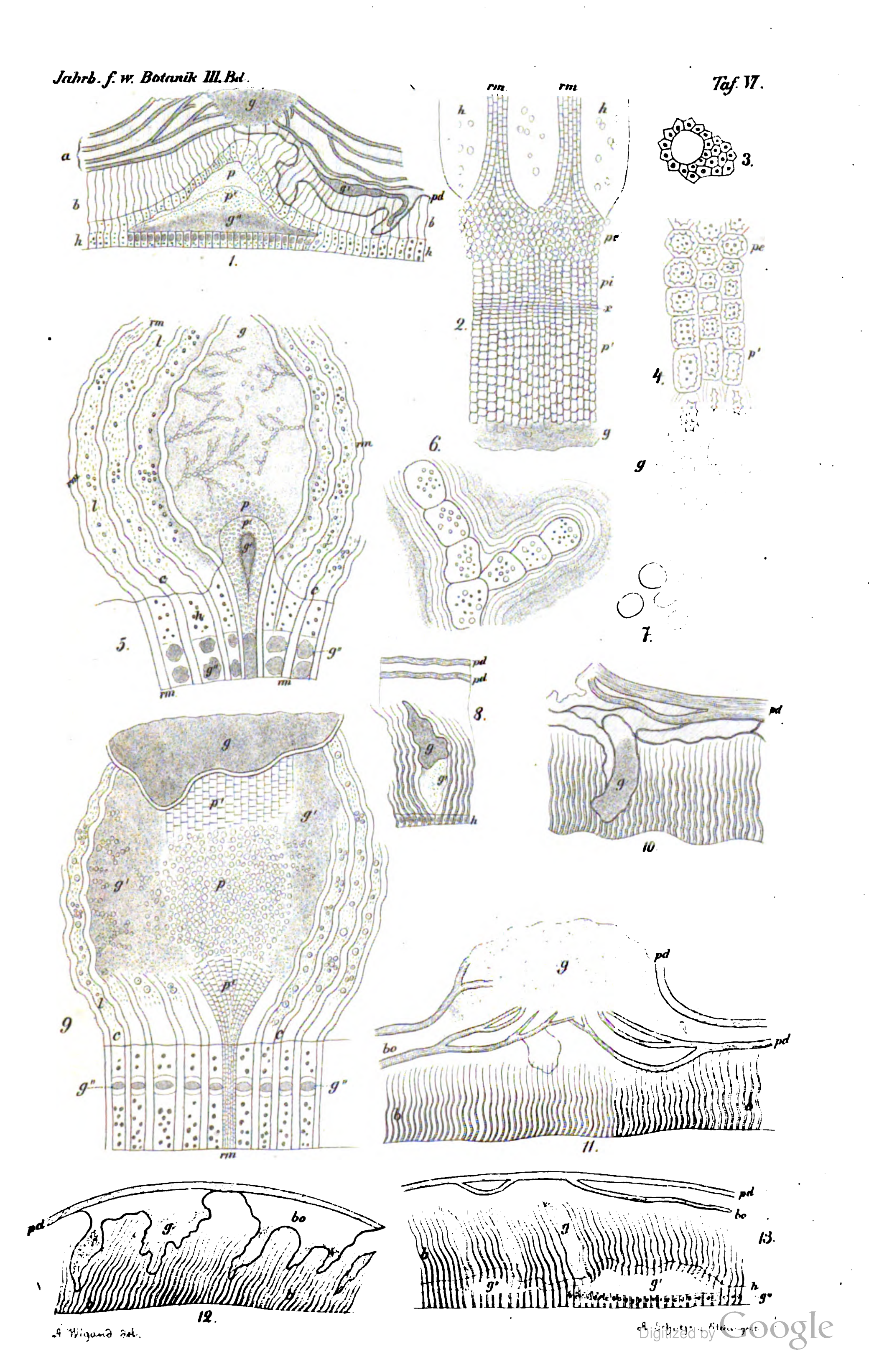

1.
2.
3.
4.
5a
5b
6.
7
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.


5.
1.
a
b
c
2.
a
b
c
c
c
3.
4.
5.*
6.
a
b
c
7.
a
b
c
d
8.
a
b
c
9.
a
b
10.
a
b
c
11.
a
b
c
d
f
g
12.
a
b
c
13.
15.
c
d
e
14.
16.
17.
a
b
a
18.
a
b
c
d

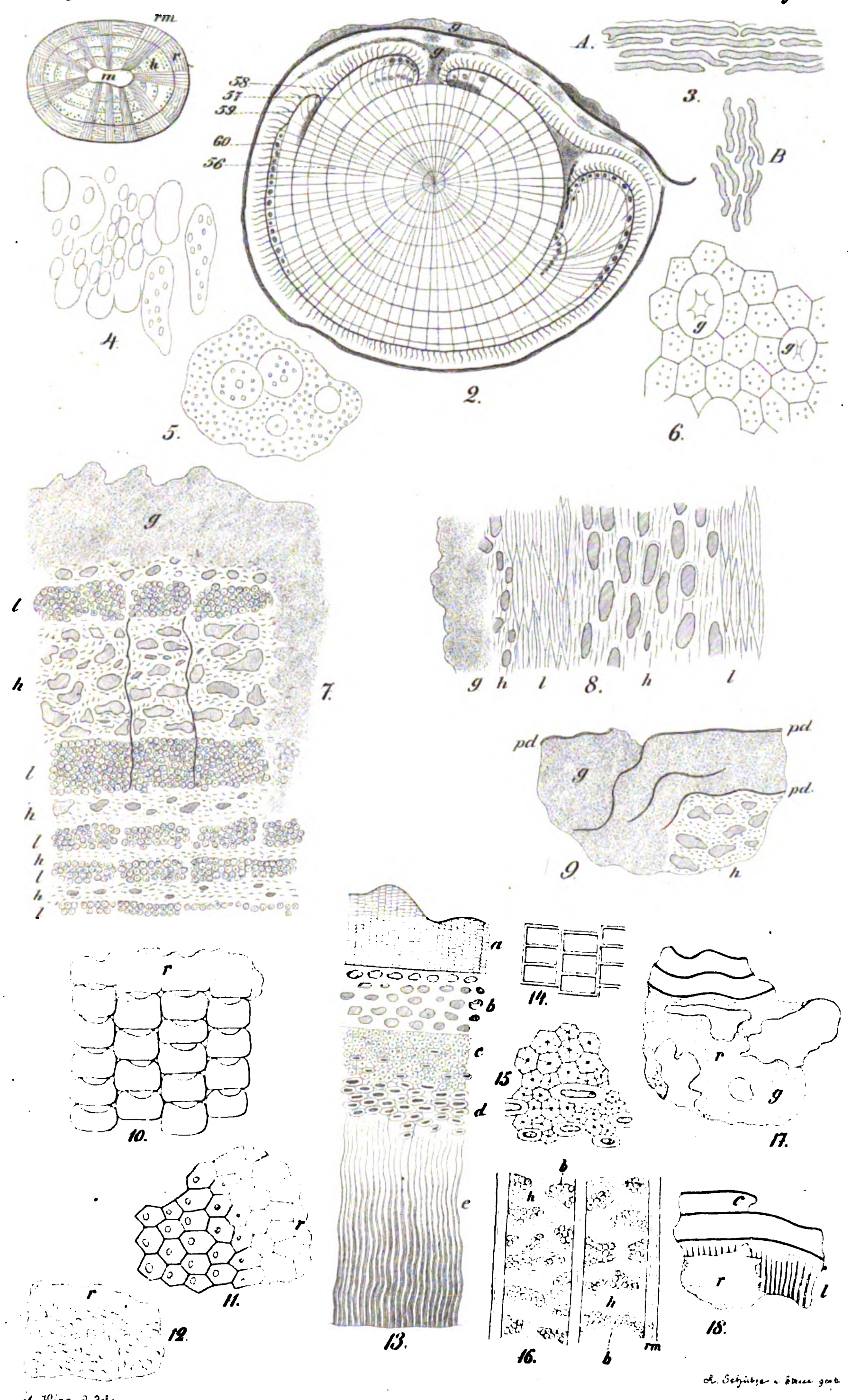

1.
2.
3.
4.
15.
6.
8.
a
b
c
d.
12.
b+d
c+d
a+d.
7.
5.
11.
9.
13.
10.
14.



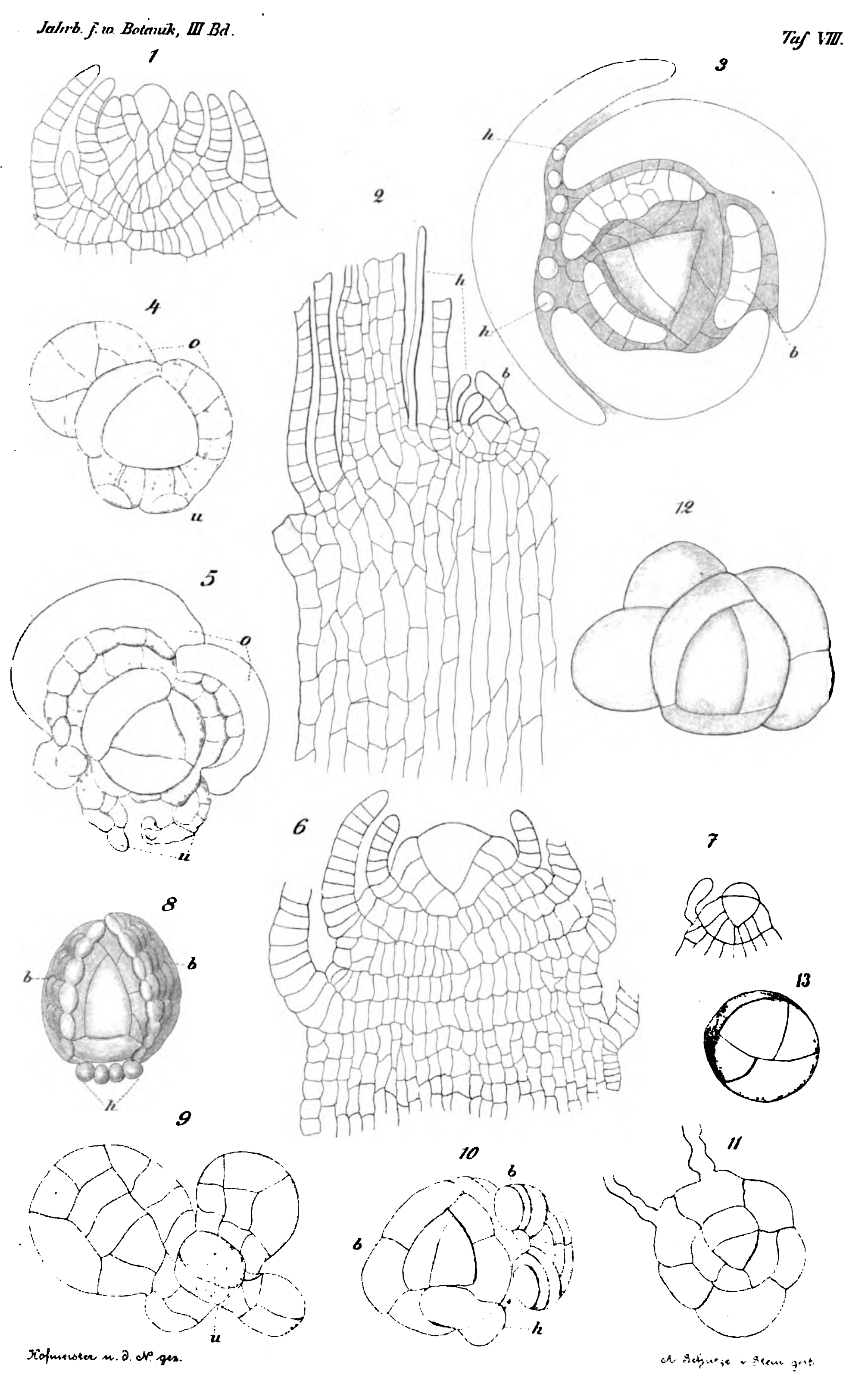
A. Wigand del.



A. Wigand del.

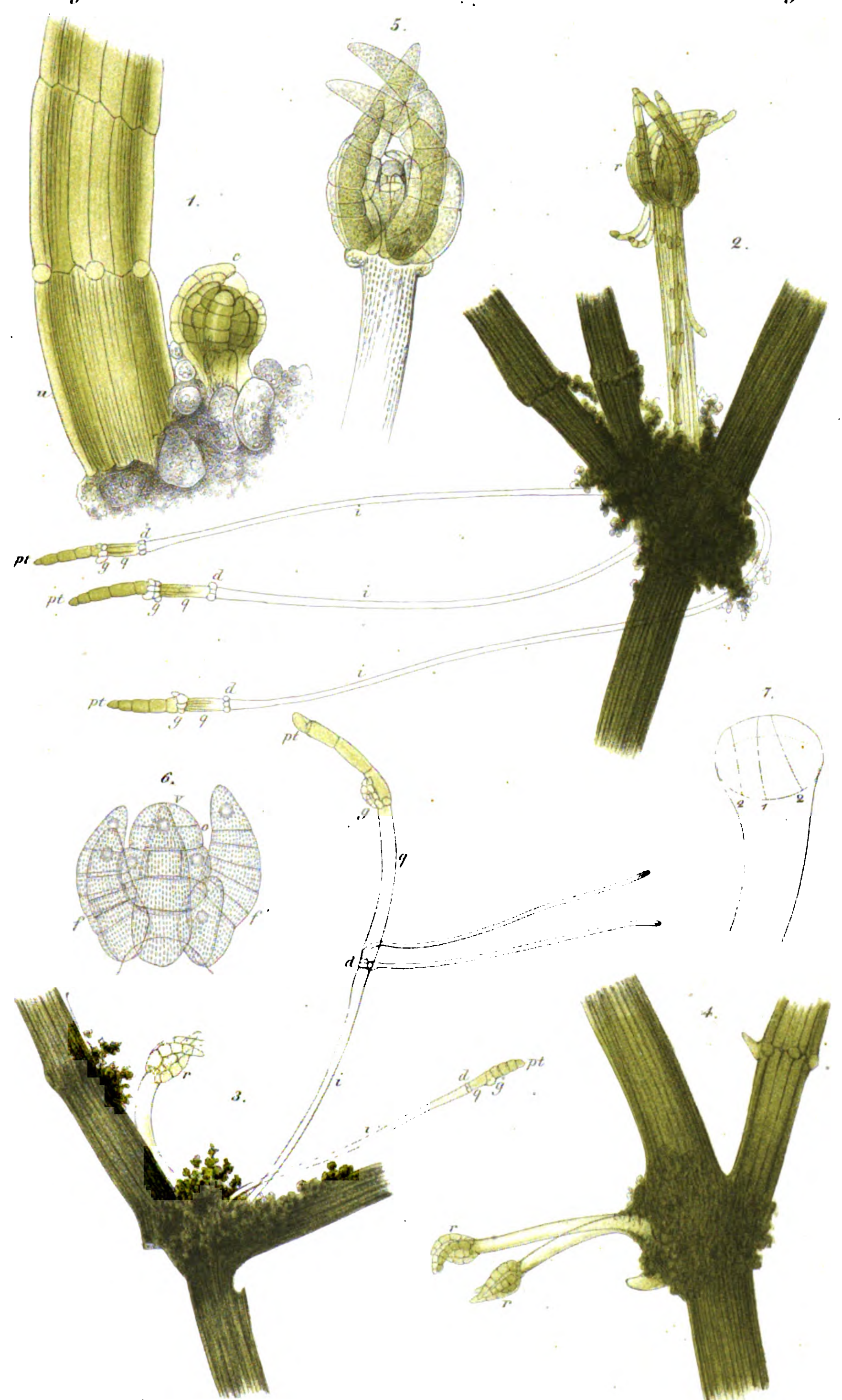


A. Wigand del. A. Schütze & Steiner gest.

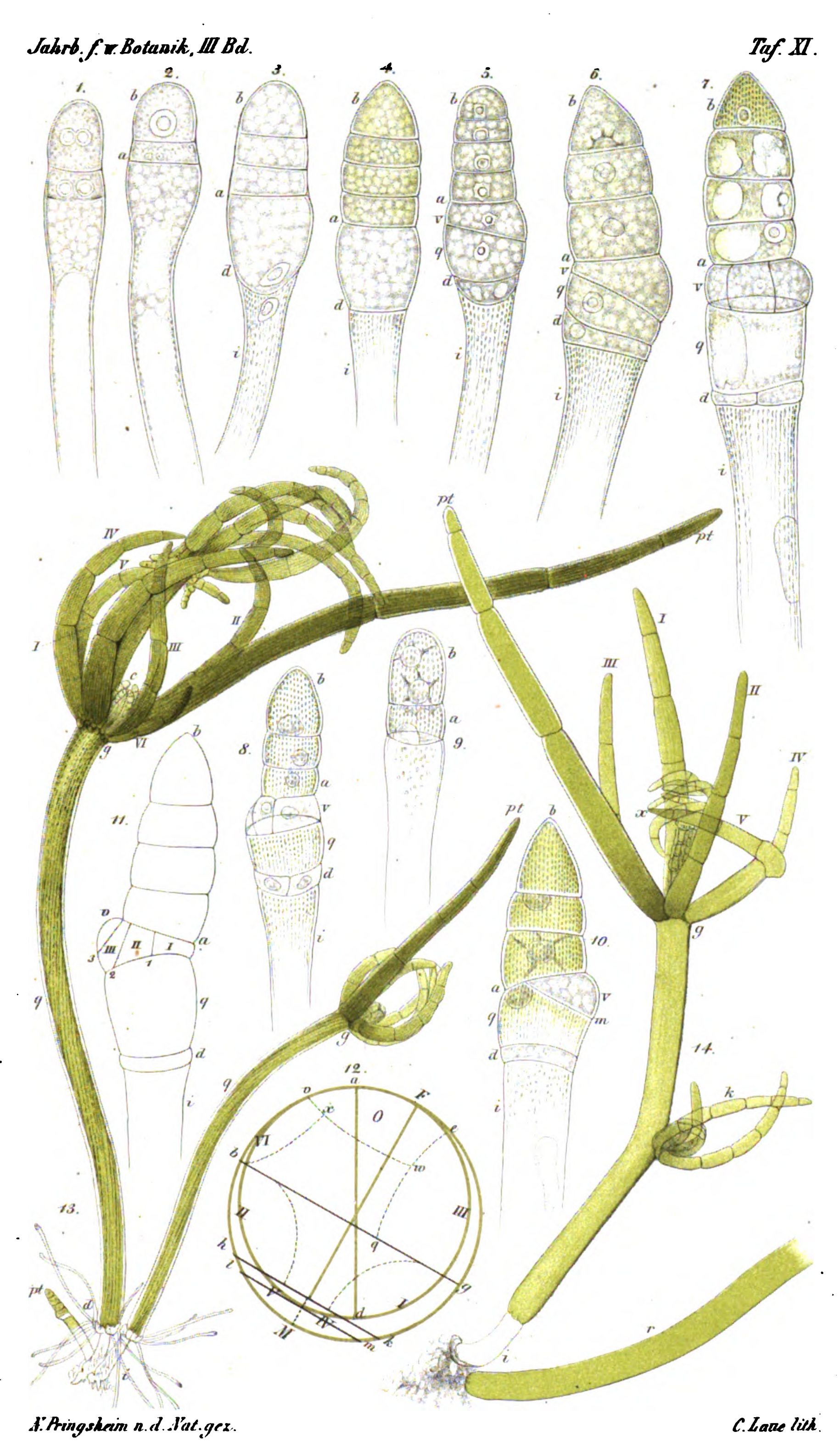

1
2
h
b
3
h
h
b
4
o
u
5
o
u
12
6
7
8
b
b
h
13
9
u
10
b
b
h
11
Hofmeister n. d. N. gez.
A. Schütze a. Stein gest.

N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.

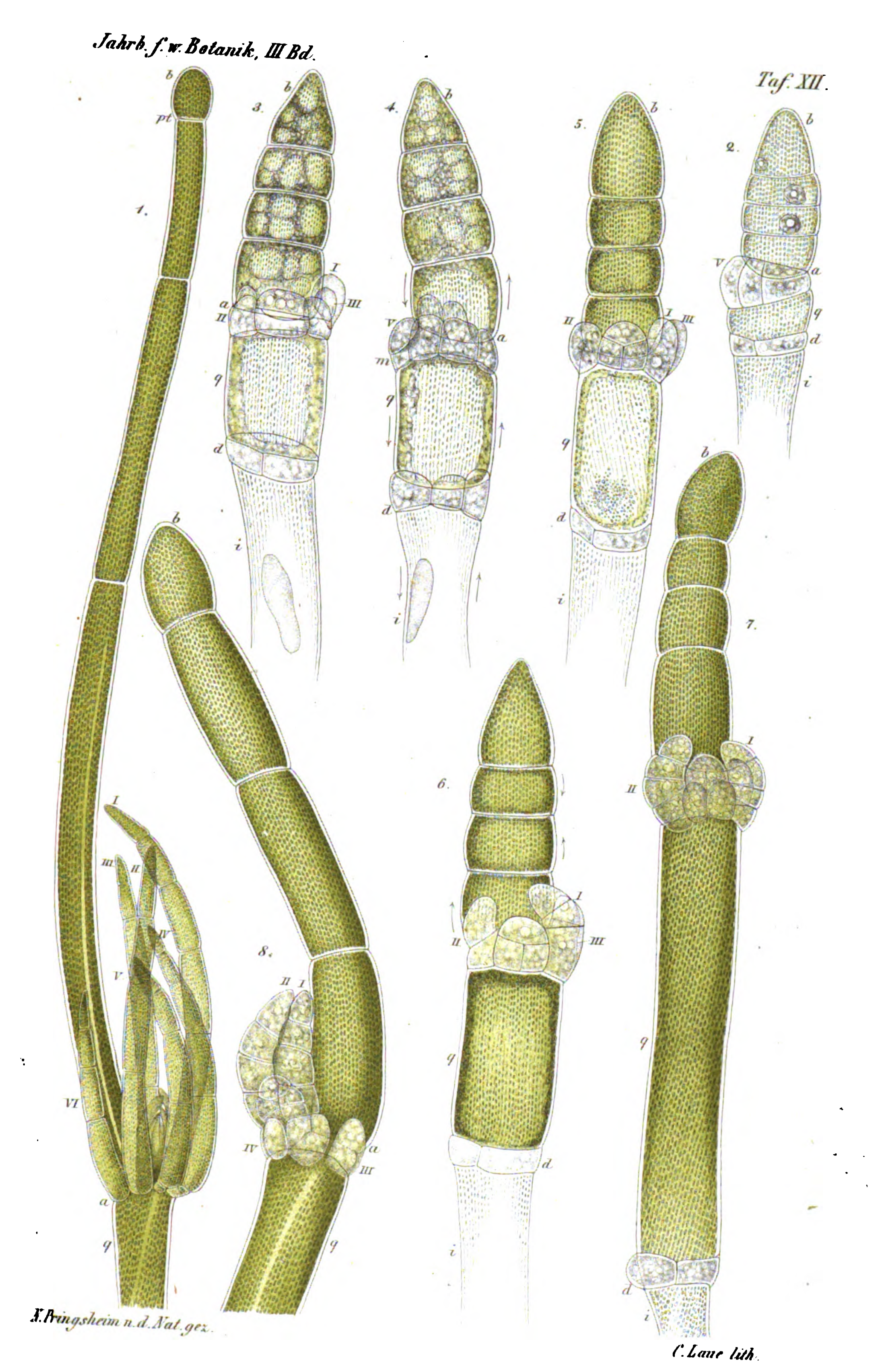


N. Pringsheim n. d. Nat. gez. C. Laue lith.



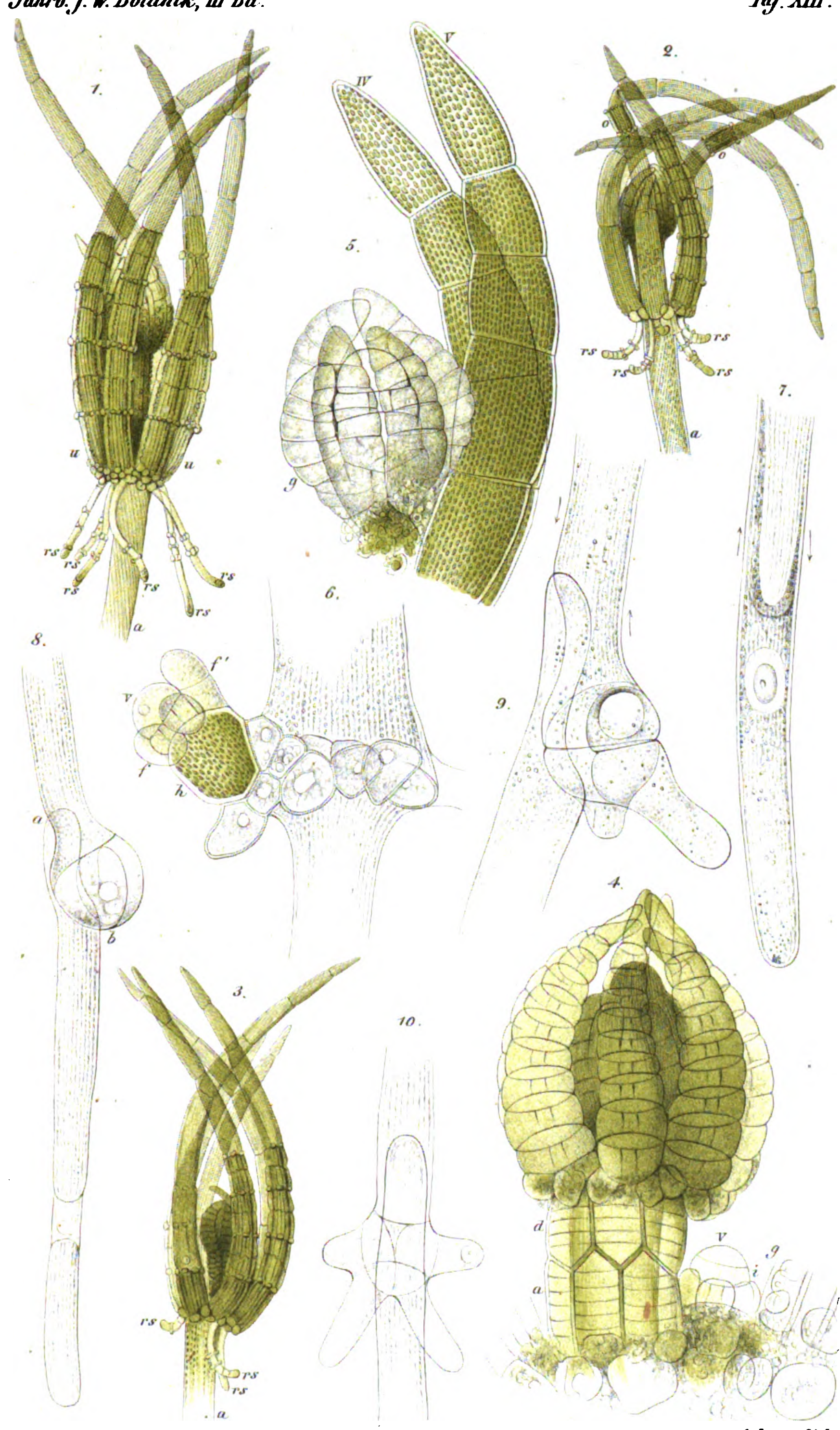
N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.



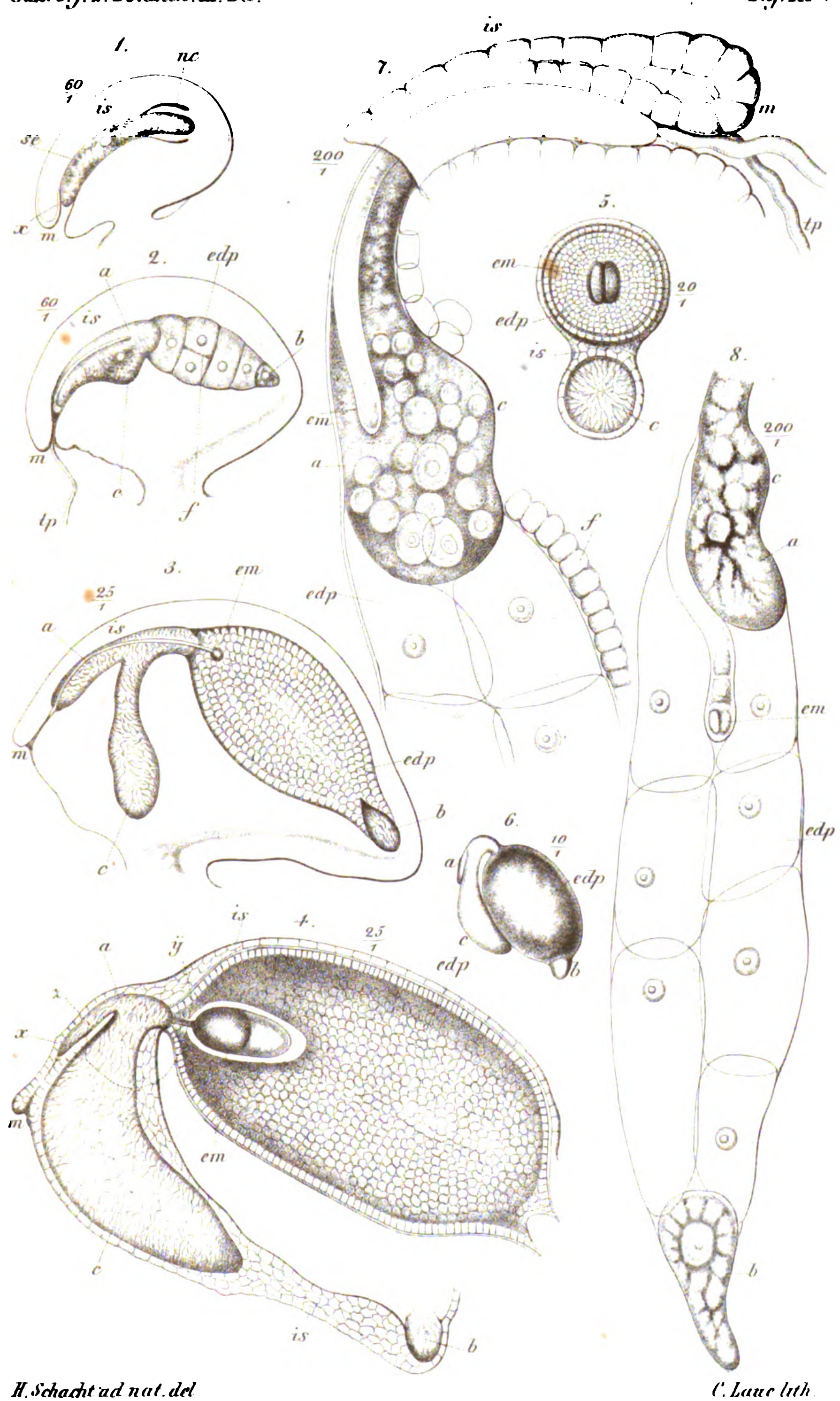
N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.

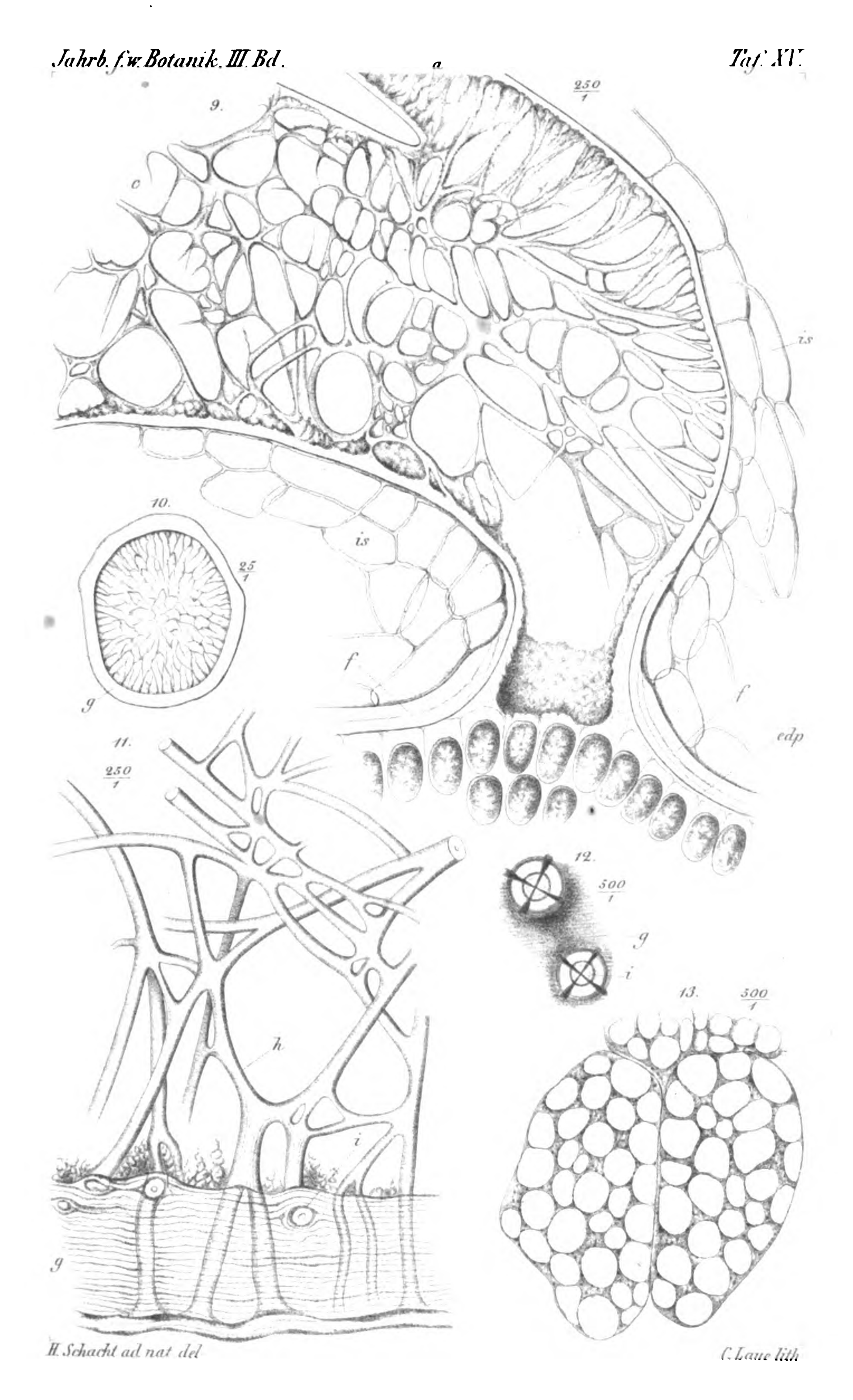


N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.

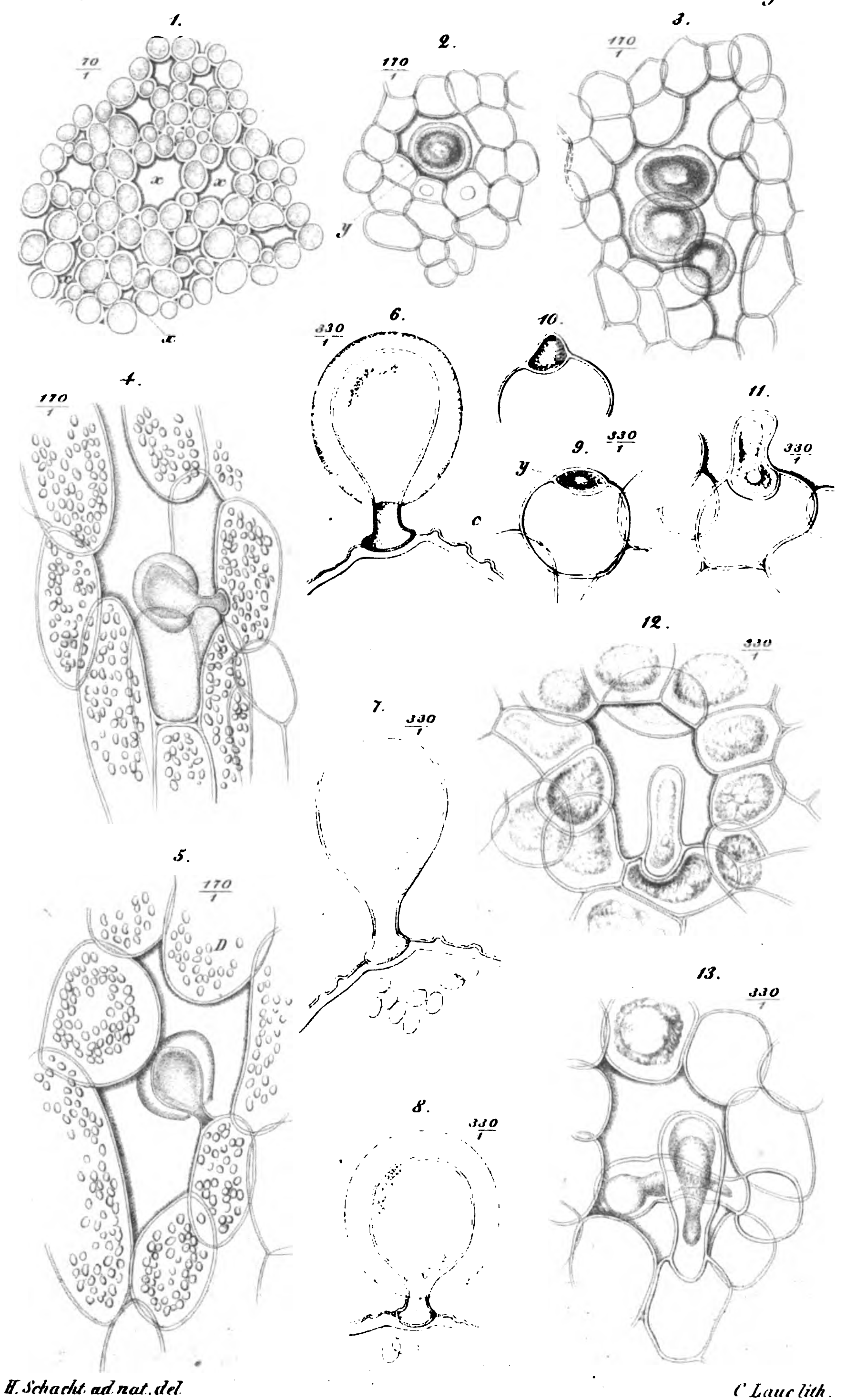


H. Schacht ad nat. del. C. Laue lith.

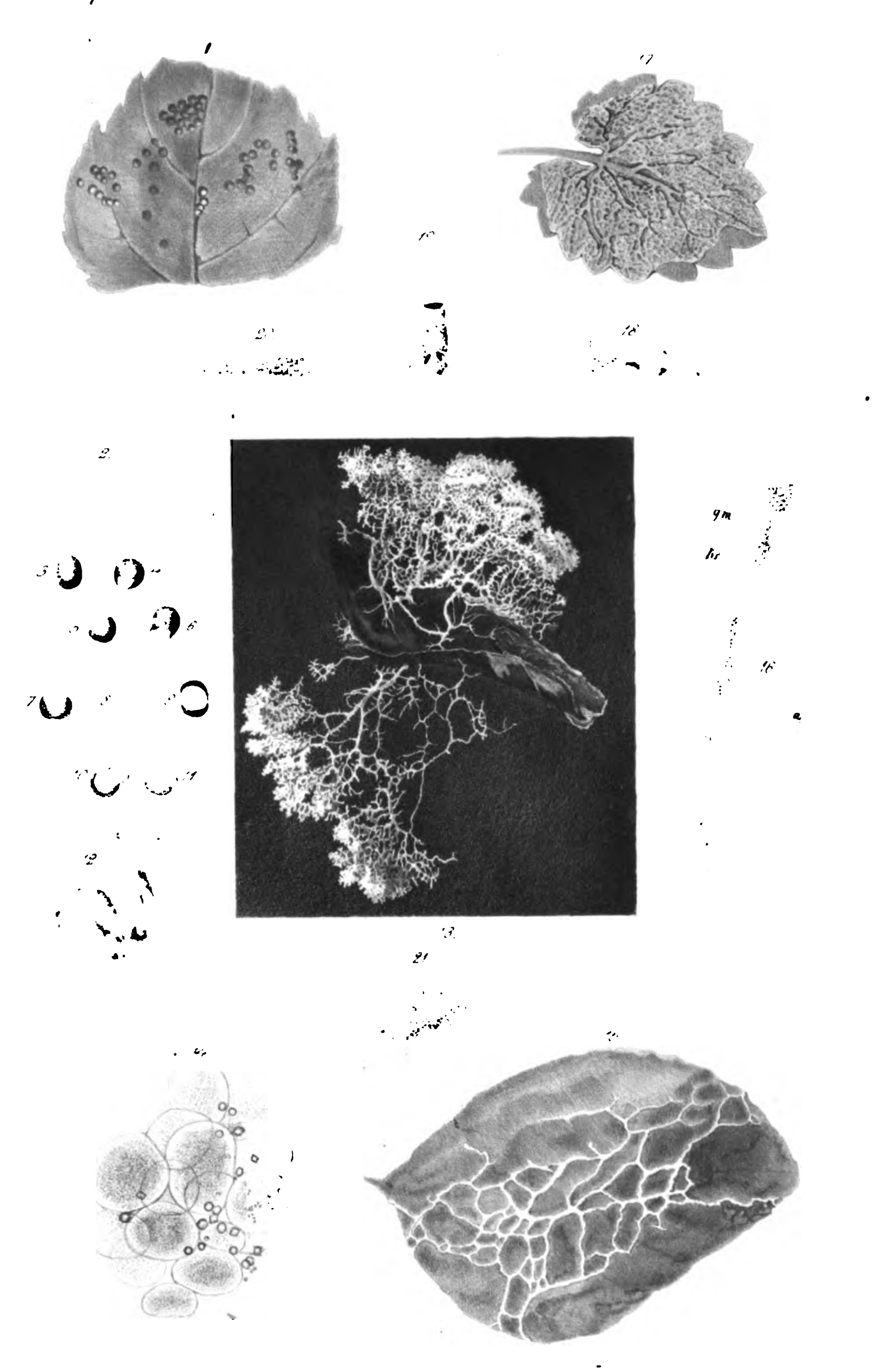


H. Schacht ad nat. del.

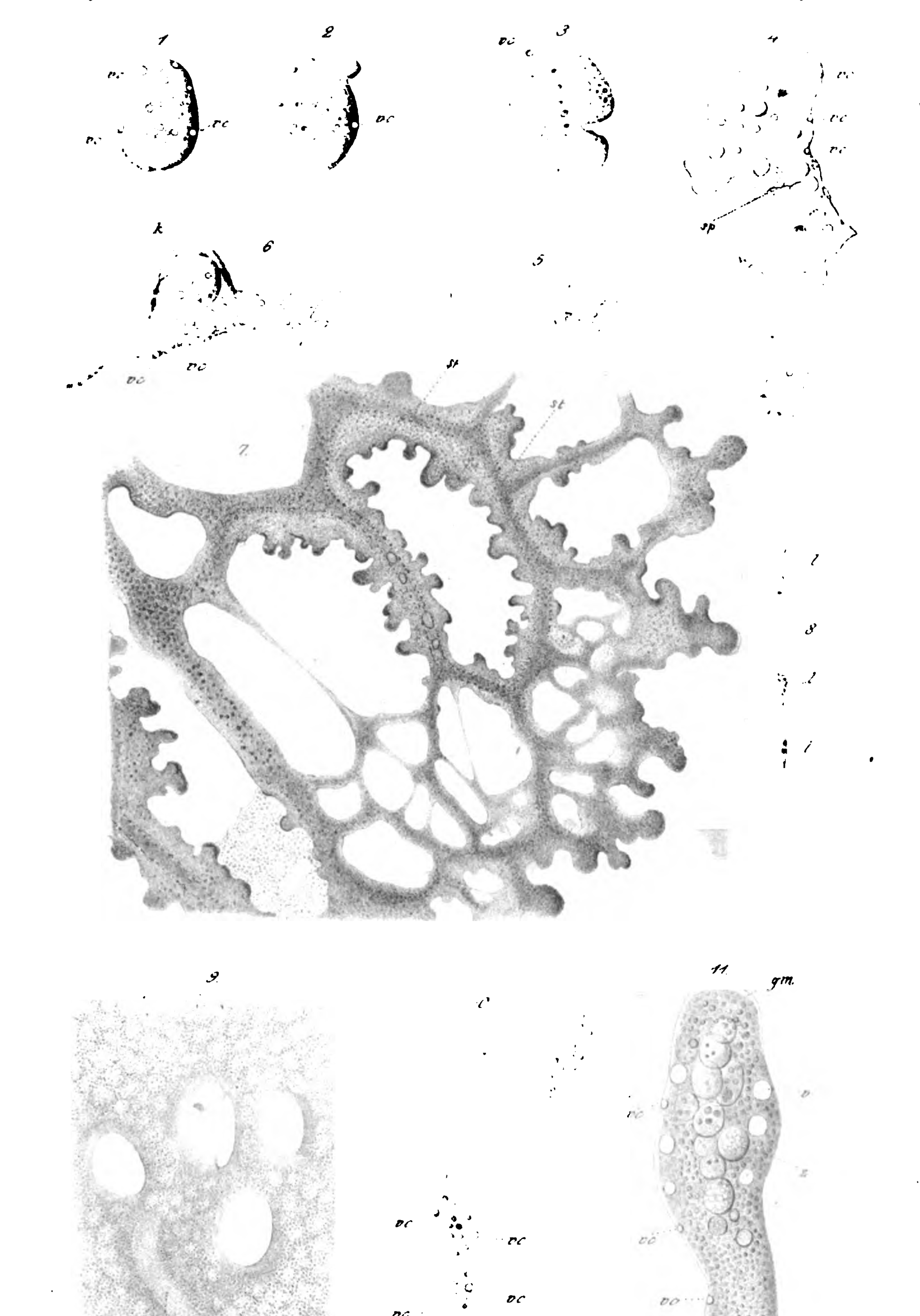
C. Laue lith.



H. Schacht. ad nat. del. C. Laue lith.



C. E. Weber gest.

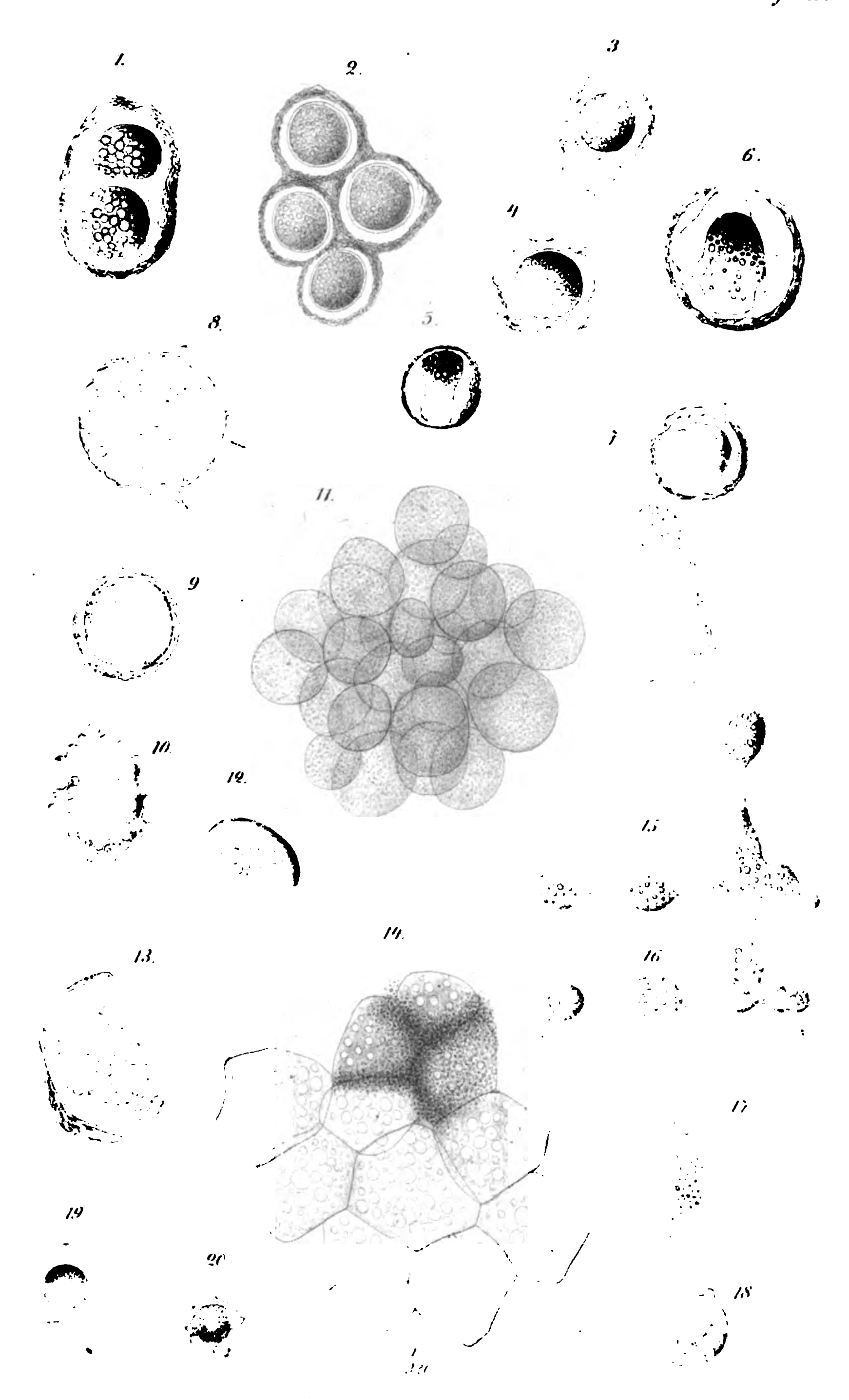

1
2
3
4
vc
sp
k
6
5
st
7
8
9
11
gm
C.E. Weber gest.

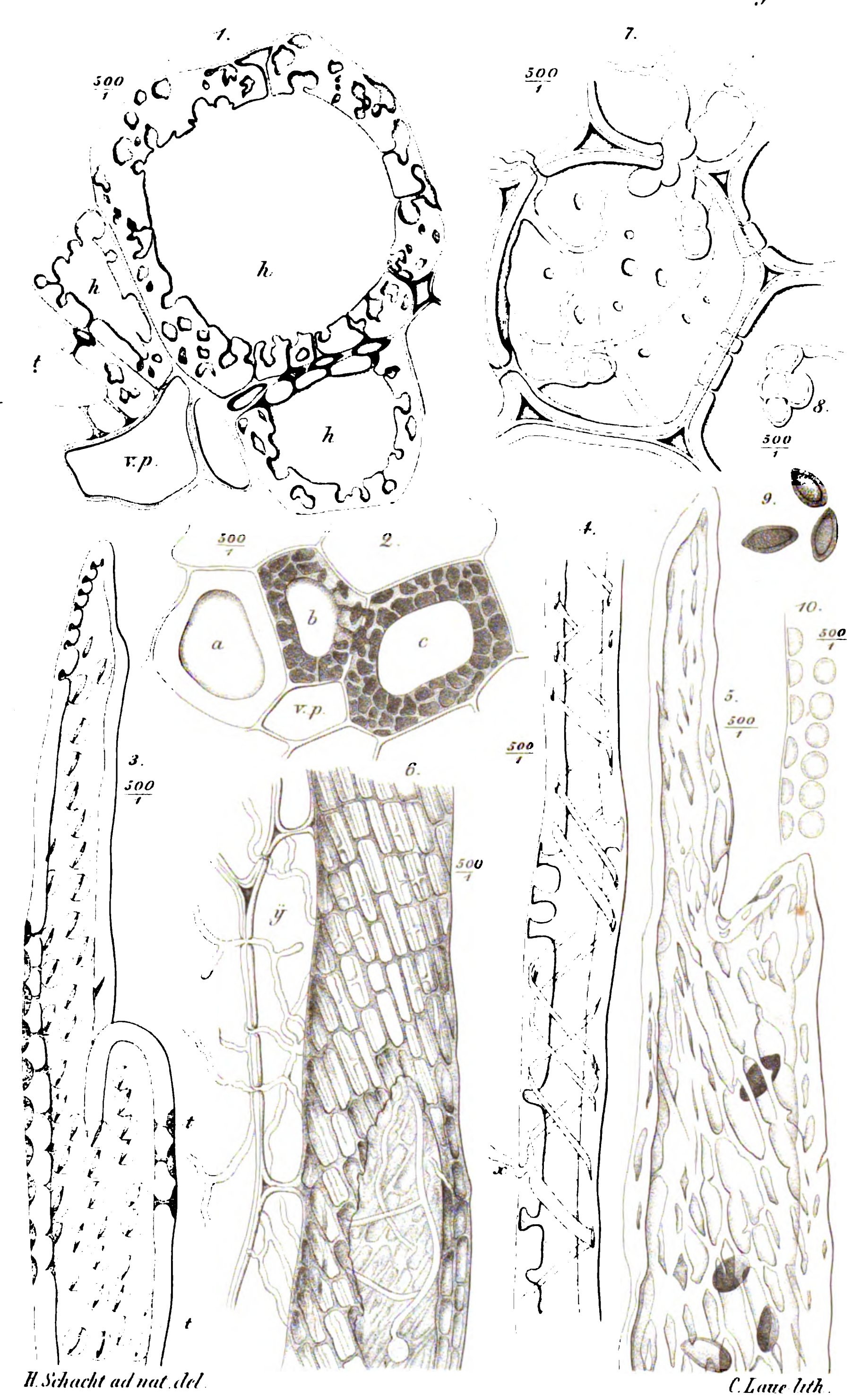
a

m a

ma

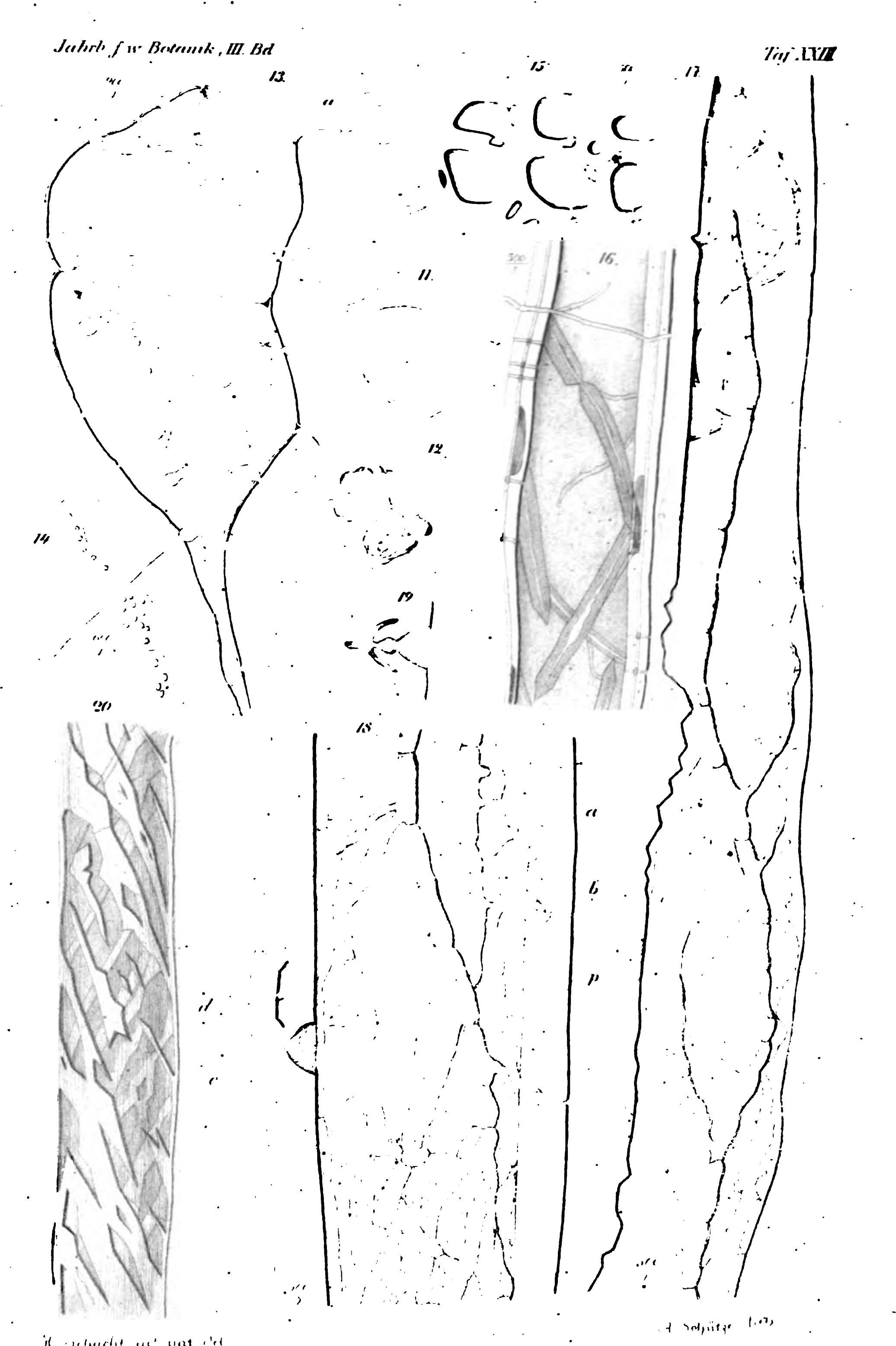
C. F. Weber gest.


1.
2.
3
4
5.
6.
7
8.
9
10.
11.
12.
13.
14.
15
16
17
18
19
20

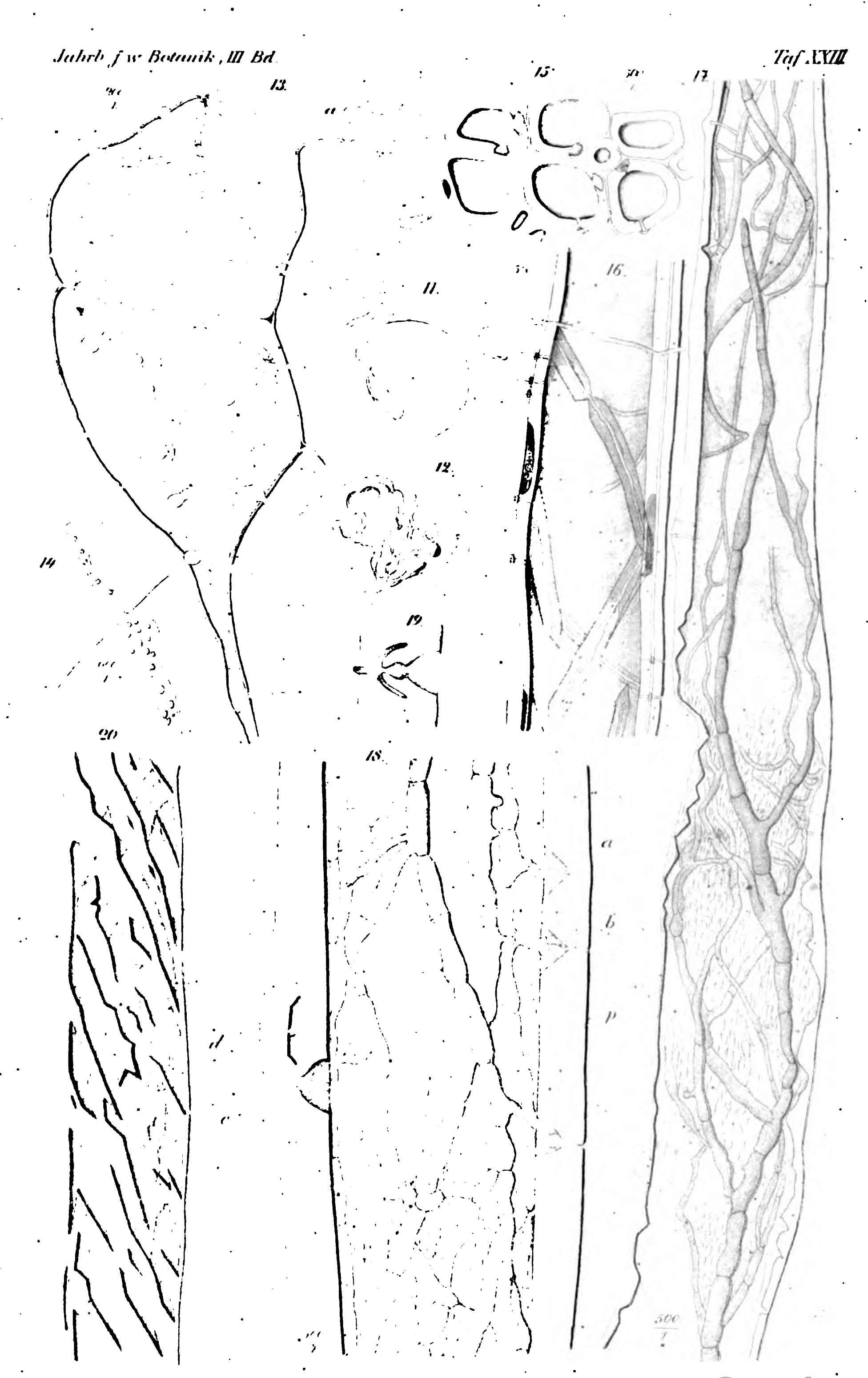


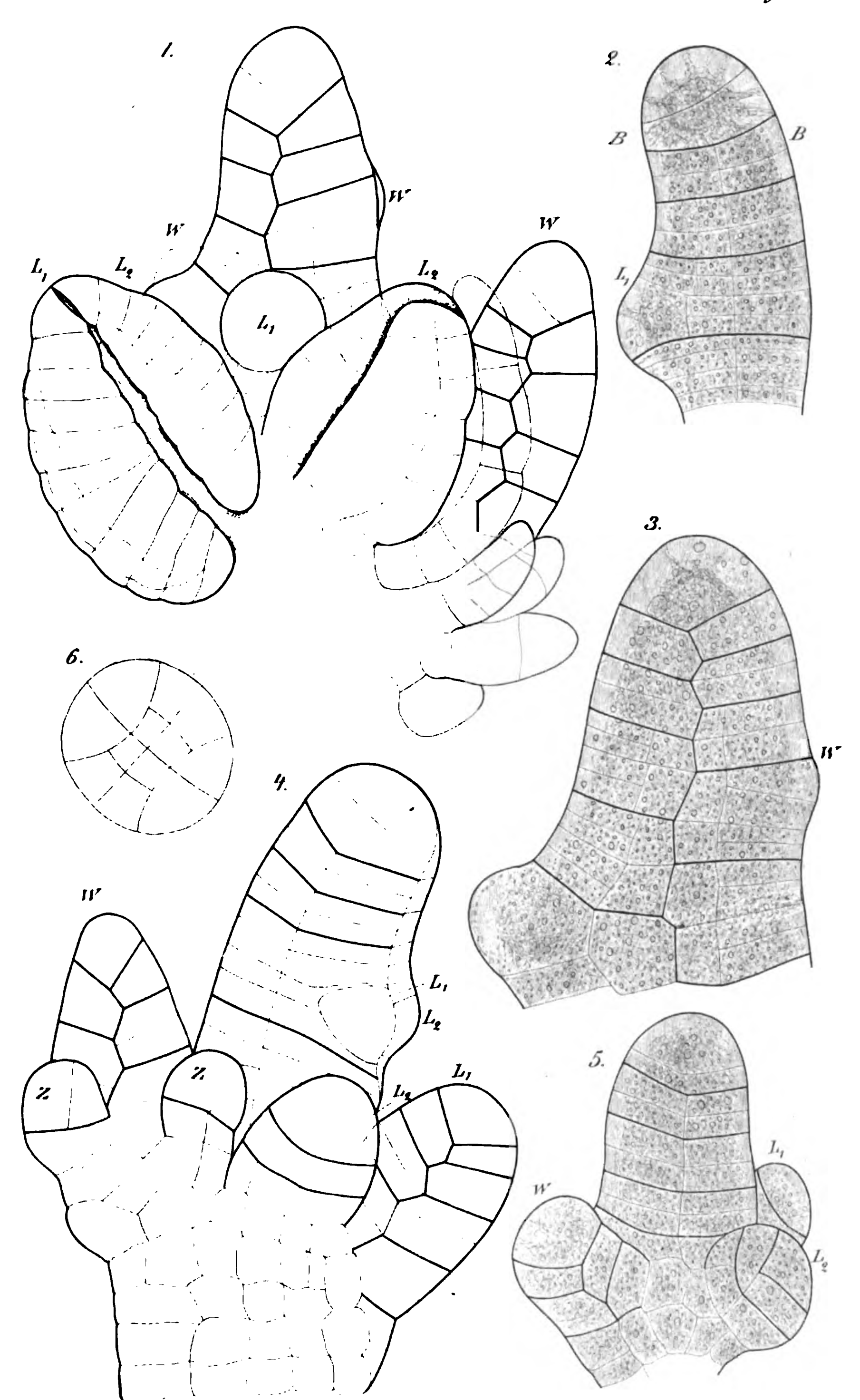
H. Schacht ad nat. del.

C. Laue lith.

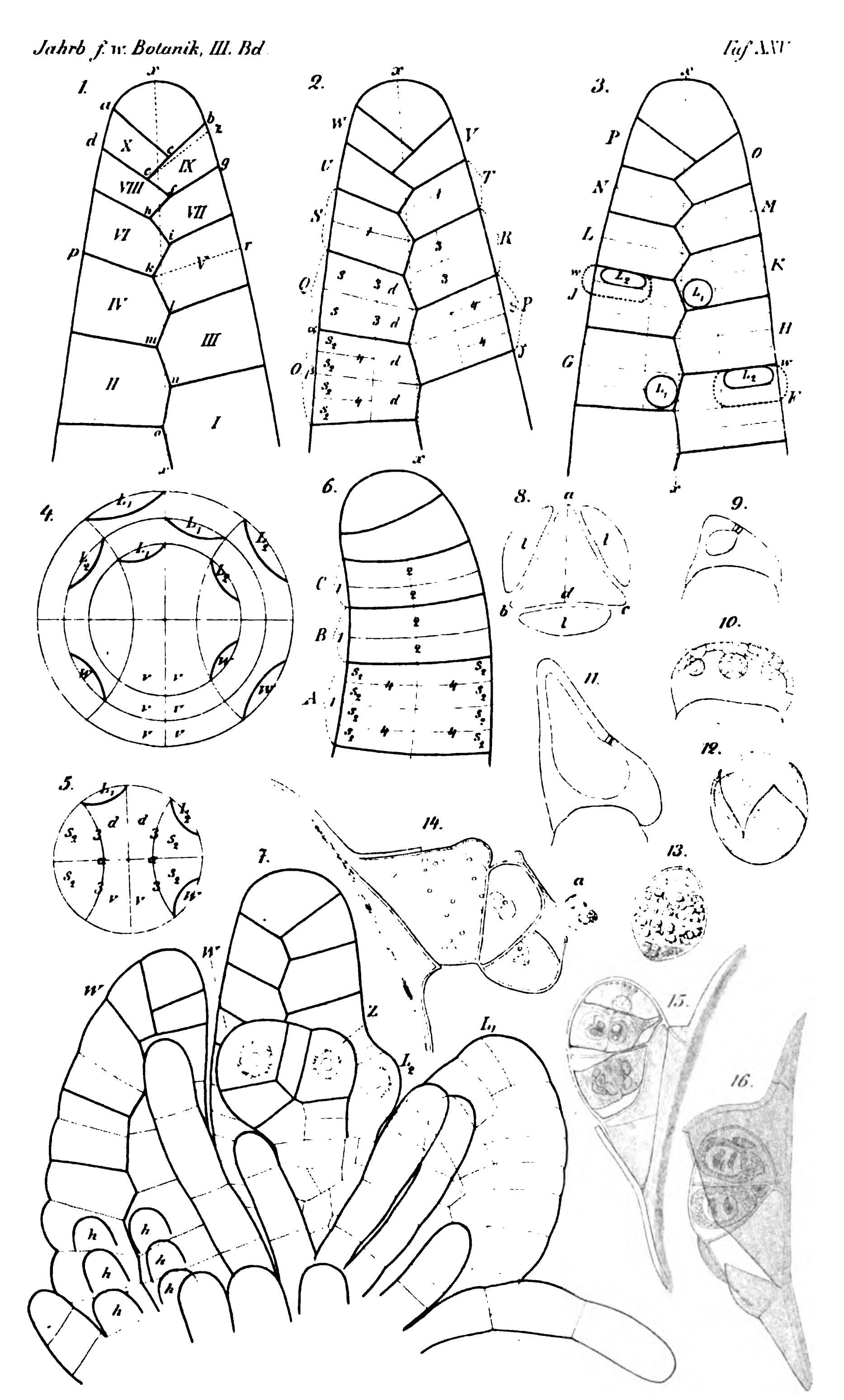


H. Schacht ad nat. del. A. Schütze lith.

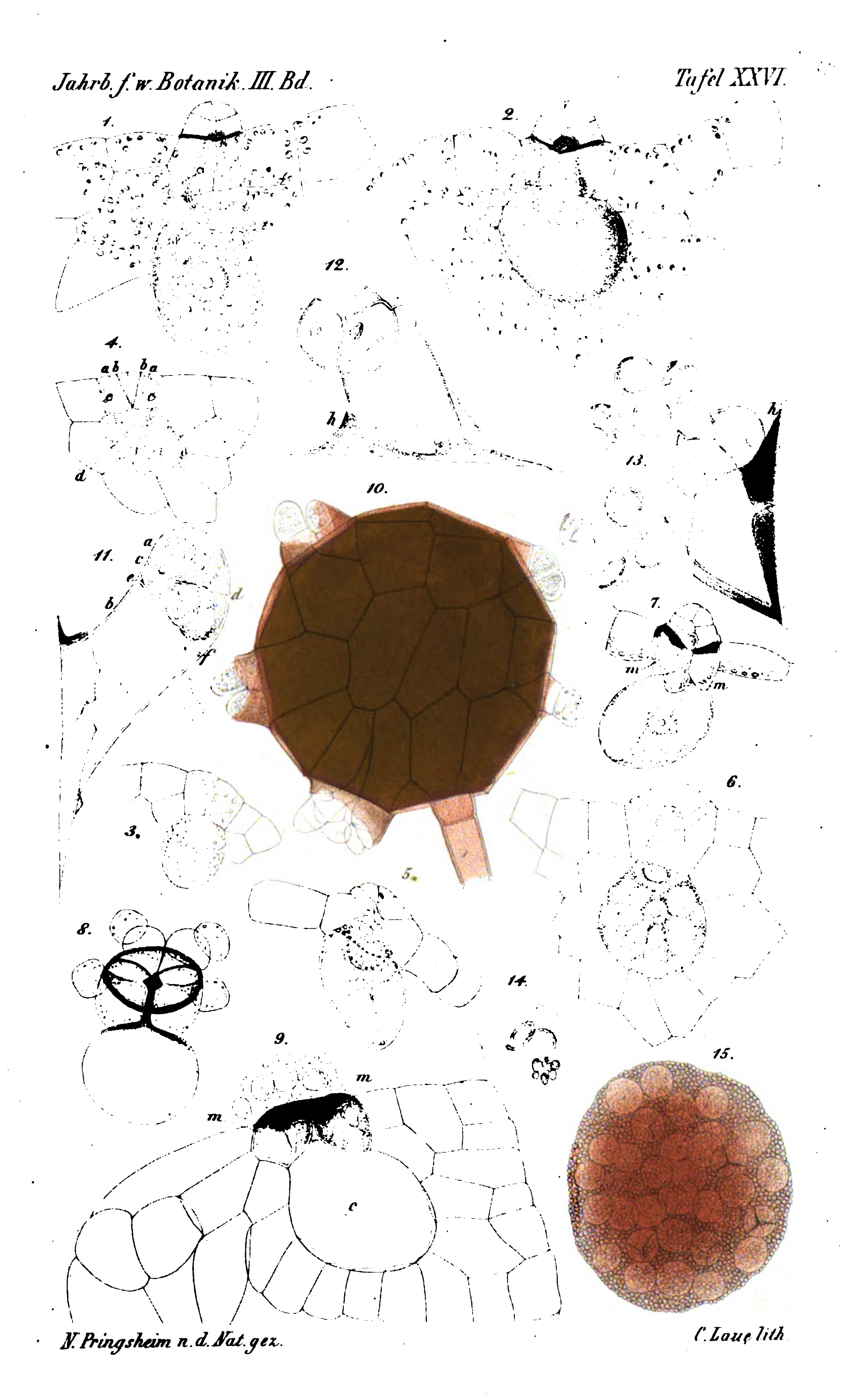

13.
a
15.
16.
11.
12.
14.
19.
17.
20.
18.
a
b
p
d
c
500/1



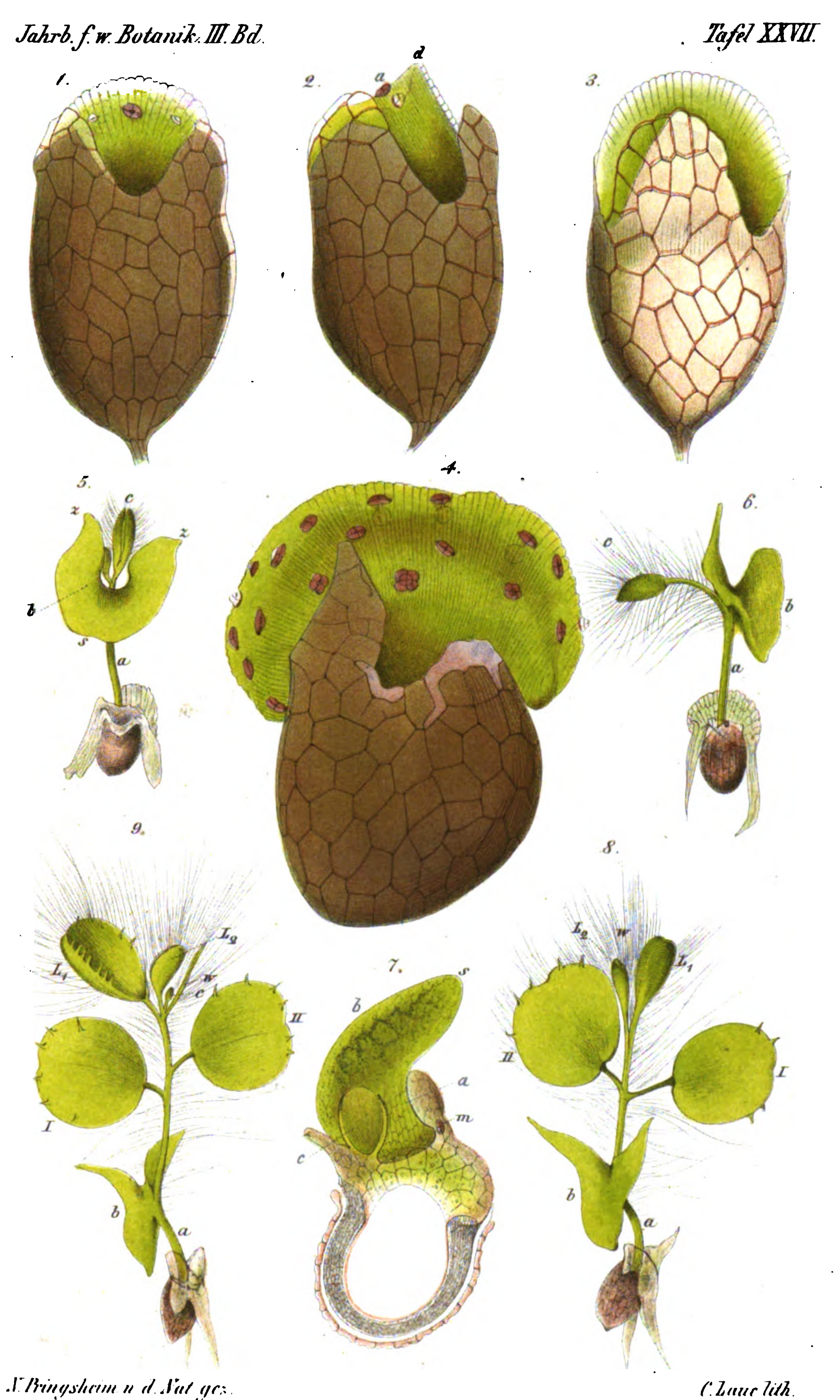
Pringsheim ad nat. del. — C. Schütze lith.



Pringsheim ad nat. del.



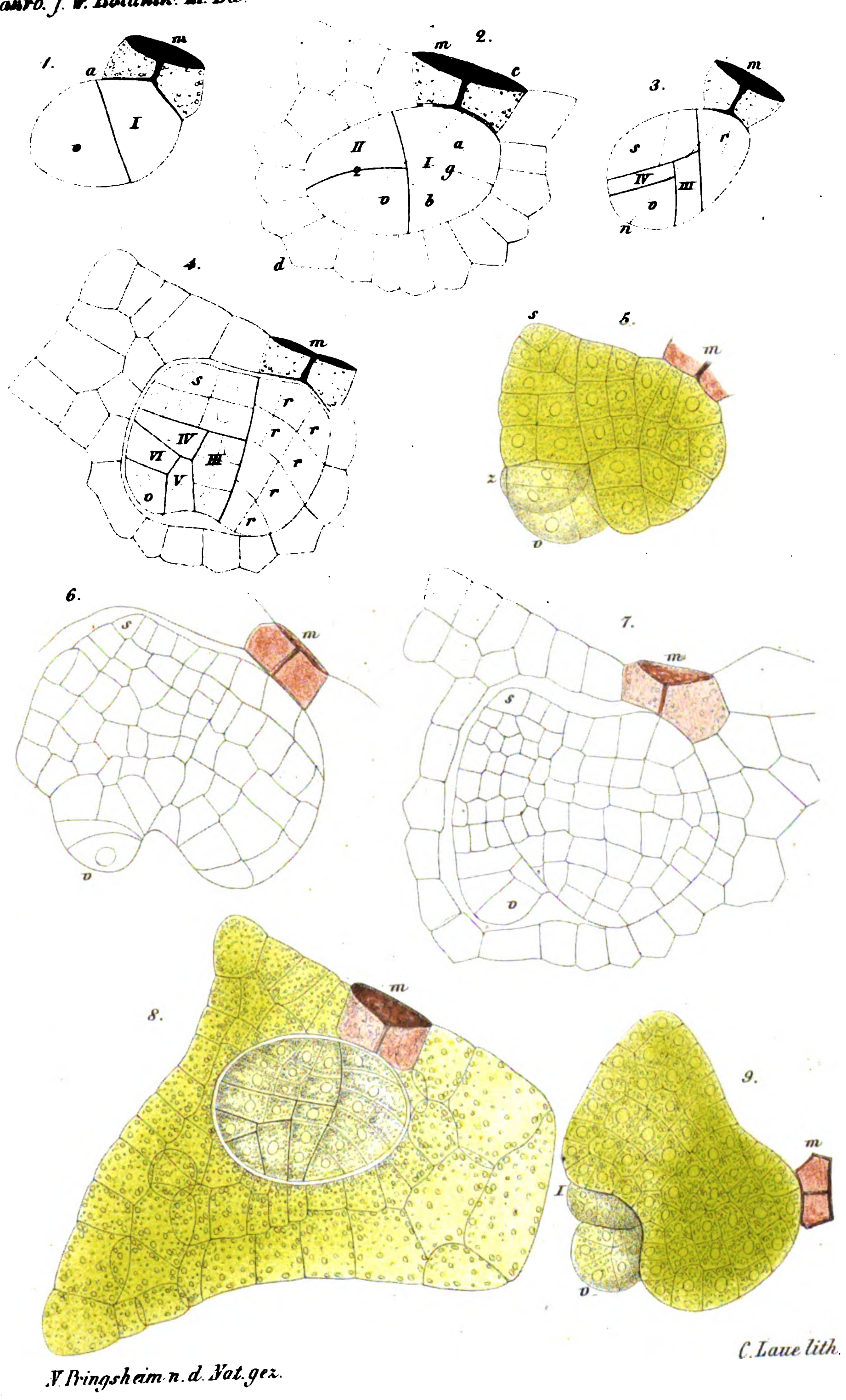
N. Pringsheim n. d. Nat. gez.
C. Laue lith.



N. Pringsheim n. d. Nat. gez. C. Laue lith.

N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.



N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.

N. Pringsheim n. d. Nat. gez.

C. Laue lith.